Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Mendoza

INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Volumen 3

2da Edición Ampliada

Juan Ernesto Calderón – Josefina Huespe
Esteban Anzoise
Editores

2023

Dedicado a
nuestros colegas
en la educación universitaria
que nos acompañan
en la búsqueda
de la excelencia

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Rector: Ing. Héctor Aiassa
Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

FACULTAD REGIONAL MENDOZA

Decano: Esp. Ing. José Balacco
Vicedecano: Dr. Ing. Miguel Tornello
Secretaria Académica: Dr. Ing. Miguel Tornello
Secretario administrativo: Cdor. Jorge Fernández
Secretario de Extensión Universitaria: Ing. Carina Rotella
Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado: Ing. Antonio Álvarez Abril
Secretario de Asuntos Estudiantiles: Ing. Luis Ellena
Secretario de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: Ing. Jorge Abraham

COMITÉ CIENTÍFICO

Juan Redmond, PhD, Universidad de Valparaíso, Chile
Guillermo Cuadrado, PhD, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina
Rodrigo López-Orellana, PhD, Universidad de Valparaíso, Chile
Esteban Anzoise, EdD, UTN-Facultad Regional Mendoza, Argentina
Raúl Pérez, PhD, UTN-Facultad Regional Mendoza, Argentina
Shahid Rahman, PhD, Universidad de Lille 3, Francia

Investigación y Educación en Ciencias de la Ingeniería
Volumen 3. Segunda edición Ampliada. Mendoza, 2023.

Editores: Juan Ernesto Calderón - Josefina Huespe – Esteban Anzoise
Imagen gratuita de royyimzy25414 / Vecteezy.com

Esta publicación se distribuye bajo una Licencia
Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin
Obra Derivada 4.0 Internacional

Calderón, Juan Ernesto
Investigación y educación en ciencias de la ingeniería: volumen 3: 2da edición ampliada / Juan Ernesto Calderón; Josefina Huespe; Esteban Anzoise; compilación de Juan Ernesto Calderón; Josefina Huespe; Esteban Anzoise. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional, 2023.
662 p; 20 x 15 cm.

ISBN 978-950-42-0228-8

1. Educación Científica. I. Huespe, Josefina. II. Anzoise, Esteban. III. Título.
CDD 607.3

Facultad Regional Mendoza,
Universidad Tecnológica Nacional
Rodríguez 273, Ciudad
M5502JMA Mendoza, Argentina

ISBN 978-950-42-0228-8

Impreso en Argentina - Printed in Argentina
Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

ÍNDICE

PRÓLOGO 13

1. IN MEMORIAM 19

PROF. DR. DANTE ROBERTO SALATINO (1949-2022) 21
Guillermo Alberto Cuadrado

HOMENAJE A DANTE SALATINO: CONSTRUCCIÓN DE MODELOS CON LÓGICA TRANSCURSIVA 25
Guillermo Alberto Cuadrado

2. APLICACIONES E INVESTIGACIONES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA 49

¿REVOLUCIÓN O EVOLUCIÓN CIENTÍFICA EN EL SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS? 511
Carlos Rodolfo Vergne

MODELO CUÁNTICO UNIDIMENSIONAL DEL COEFICIENTE DE DIFUSIÓN EN LOS PROCESOS DIFUSIVOS..... 633
Raúl C. Pérez; Josefina Huespe; Noelia Robles

MODELADO BASADO EN AGENTES: RENDIMIENTO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN DE SU RED DE ABASTECIMIENTO..... 733
Hugo F. Tapia, Ricardo R. Palma, Raymundo Forradellas

ESQUEMA DE FLUJO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA ADSORCIÓN-DESORCIÓN FÍSICA. 93
Tatiana Duran; Francisco Gallardo; Raúl C. Pérez; Josefina Huespe

LA APLICACIÓN DE PRÁCTICAS LEANBIM EN EL PROCESO PROYECTUAL ARQUITECTÓNICO. 105
Alicia Carla Tapia; Hugo F. Tapia

ESTIMACIÓN COEFICIENTES DE DIFUSIÓN EN ZANAHORIAS COCIDAS A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO. 123
Oscar D. Gálvez, Mariela B. Maldonado, María C. Vargas, Graciela Affranchino, Juan I. González Pacheco

RECURSOS COMPUTACIONALES PARA LA COMPRENSIÓN DE LA TRANSFORMADA WAVELET EMPÍRICA (EWT). 139
Jesús Rubén Azor Montoya

ANÁLISIS DE TIEMPO REAL DE TRÁFICO DE REDES DE DATOS MEDIANTE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL. 151
José Castro Tramontina; Santiago Pérez; Higinio Facchini

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍA LOCAL EN EL ÁREA DE LA PROTECCIÓN SÍSMICA. 161
Gustavo Gioacchini; Miguel Tornello; Sebastián Panella; Nelson Agüera

COMPARACIÓN CUALITATIVA E INSTRUMENTAL DE LAS RESPUESTAS DEL EDIFICIO AISLADO Y EL DE BASE FIJA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA DE LA FRM. 177
Miguel Tornello; Gustavo Gioacchini; Kevyn Cenas; Alejandro Tillar

ESTUDIO DE ROTURAS DE ÁRBOLES POR ACABADO SUPERFICIAL MEDIANTE MECÁNICA DE FRACTURA. 193
José A.Henkes; Adrián Flamant; Cristian Giner; Valeria Simó; Alfredo Amico

ANÁLISIS DE FALLA DE UN ÁRBOL DE MANDO DE HORNO DE CLINKER. 211
Valeria Simó; Adrián Flamant; Sergio Giudici; Gonzalo Antón

ESTUDIO DE MODELOS DE TURBULENCIA Y CAVITACIÓN PARA PREDECIR PATRONES DE FLUJOS CAVITANTES. 221
Favio Moll; Miguel Coussirat

BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS DE LEJÍA PROVENIENTES DE DESAMARIZADO DE ACEITUNAS VERDES DE MESA..... 245
Mariela Maldonado; Lesik Dimitri; Paula Giorlando; Lisanti Leonel; Boscariol Adrian; Carla Zargoza; Vanina Enriquez Tellez; Calrisa Marti; Contreras Simón; Patricia Bueno; Graciela Affranchino

CARACTERIZACIÓN DEL COLORANTE NATURAL ROJO GARDENIA PARA LA ELABORACIÓN DE CEREZAS CANDEADAS..... 255
Juan González Pacheco; Mariela Maldonado; Ariel Márquez; Emanuel Condori; Paula Giorlando; Adrián Boscariol; Clarisa Marty; Carla Zaragoza; Vanina Enríquez Téllez

ACTUALIZACIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL PARA MEDIR EL TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN RECINTOS. 271
César Eduardo Boschi[1]; Carlos Adrián Prado[1]; Eduardo Ariel Abarca[1];

MODELO DE PROCESOS DIFUSIVOS NO ESTACIONARIOS EN ESFERAS HUECAS APLICADO A LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. ESTUDIO DE CASO: CEREZAS INMERSAS EN JARABE. 285
Raúl Pérez; Noelia Robles; Josefina Huespe

3. APORTES A LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA..... 295

APORTACIONES PARA LA COMPRENSIÓN DE LA FÍSICA A TRAVÉS DE PROGRAMAS EN PYTHON..... 297
Juan Pablo Martínez, Josefina Huespe, Raúl Pérez; Rodolfo Dematte

PROPUESTAS DE LA ASOCIACIÓN GLOBAL PARA LA INGENIERÍA DE TRANSICIÓN. IMPLICANCIAS PARA LA FORMACIÓN EN INGENIERÍAS... 315
Duilio Lorenzo Calcagno

APORTES PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES LECTORAS EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS 331
María Eugenia Panella; Sandra Segura; Marisel Joffrés

COMPRENSIÓN DE TEXTOS DE FÍSICA: IMÁGENES SECUENCIADAS Y CÓDIGO VERBAL PARA FACILITARLA 341
M. Cecilia Pocoví; Liliana Ledesma; Marta Pesa

MODELO DE CONOCIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE UNA CARRERA EN EDUCACIÓN SUPERIOR 357
Ana Muñoz; Santiago Pérez; María Stefanoni; Daniela Carbonari; Bruno Roberti; Jimena Perez

TRANSFORMACIONES LINEALES: UN INICIO EN LA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS 371
Noemí Vega; Ana María Narvaez; Gabriela Tomazzeli

JUEGO DE ESCAPE DIGITAL: UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EN QUÍMICA GENERAL..... 385
Liliana Ferrer; Marcela Rodríguez; Antonella Albornoz

ACELERACIÓN LINEAL EN EL MOVIMIENTO CIRCULAR: SU PRESENTACIÓN EN TEXTOS PARA CARRERAS DE INGENIERÍA 395
Liliana Ledesma; Cecilia Pocovi

EL DISEÑO INSTRUCCIONAL COMO SOPORTE PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS. ESTUDIO DEL CASO EN EL AMBIENTE DE LAS CIENCIAS BÁSICAS. 411
Alejandro Hossian; Maximiliano Alveal; Hernan Merlino

ESTUDIO DE ALGUNAS COMPETENCIAS LÓGICO-MATEMÁTICAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA DE LA U.T.N.- F.R.M 425
Cecilia Polenta; Gabriela Tomazzeli; Carolina Bernaldo de Quirós

NOTAS PEDAGÓGICAS PARA UN TALLER DE ACOMPAÑAMIENTO PARA PREPARAR EXÁMENES FINALES 439
Mercedes Frassinelli; Rodolfo Dematte; Josefina Huespe; Sandra Segura; Eugenia Panella

EXPERIENCIA DEL ACERCAMIENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA QUÍMICA A LA TEMÁTICA DEL DERECHO AL AGUA, UN APORTE A LA FORMACIÓN DE UN PROFESIONAL COMPROMETIDO SOCIALMENTE.... 451
Stella Maris De Lourdes Alcantú; Adriana Beatriz Guajardo; María Noelia Ruíz Alcantú; Benjamín Esteban Sandoval Diaz

DIFICULTADES DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA PARA LA COMPRENSIÓN Y USO DEL TEOREMA DE BAYES: UNA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y DESCRIPTIVA 465
Julio Ortigala

4. FUNDAMENTOS LÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LA TECNOLOGÍA 475

MODELO DE OBJETOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO UBICUO. 477
Mariana Brachetta, Julio Monetti, Oscar León.

5. GESTIÓN ORGANIZACIONAL Y CALIDAD 489

COMPROMISO CON EL TRABAJO Y EL CICLO DE ALTO RENDIMIENTO DE KONDO EN EL CONTEXTO DE POS PANDEMIA. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE MOTIVACIÓN DE LA GENERACIÓN Z EN ARGENTINA. 491
Esteban Anzoise; Cristina A. Scaraffia; Julio H. Cuenca

EL CICLO DE MEJORA CONTINUA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA LÓGICA TRANSCURSIVA. PUNTOS DE APRENDIZAJE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN TOTAL DE LA CALIDAD. 529
Esteban Anzoise; Cristina A. Scaraffia; Julio H. Cuenca

TRILOGÍA DE JURAN Y APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL. IMPACTO EN LA GESTIÓN TOTAL DE CALIDAD DESDE LA PERSPECTIVA DE LA LÓGICA TRANSCURSIVA. 577
Esteban Anzoise; Cristina Scaraffia

6. FORO JURÍDICO 607

ENFOQUE JURÍDICO DE LA SITUACIÓN DEL TRABAJADOR FRENTE A LOS RIESGOS PSICOSOCIALES 609
María Elena Sottano

PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN ANTE COMISIONES MÉDICAS COMO ETAPA ADMINISTRATIVA PREVIA Y OBLIGATORIA A LA INSTANCIA JUDICIAL 623
Juan Manuel Forquera

AUDIENCIA PRELIMINAR DEL ART. 51 DEL CÓDIGO PROCESAL LABORAL DE LA PROVINCIA DE MENDOZA. 639
Viviana Elizabeth Gil

HACIA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL DERECHO. 653
Carla Mouline

PRÓLOGO

Aristóteles afirma que la indagación individual sobre la verdad poco puede lograr, más sumando los esfuerzos la magnitud del logro es apreciable. Sumar esfuerzos supone coordinarlos para trabajar de manera cooperativa, generando una función de los diferentes horizontes que cada investigador y cada disciplina pueden aportar. Este esfuerzo lo podemos sintetizar en la noción de 'interdisciplina', la cual no debe entenderse como una mera yuxtaposición de saberes sino como un verdadero trabajo mancomunado. El verdadero diálogo per-mite la fusión de horizontes, a través de los cuales se puede abordar los problemas de una manera novedosa. Los problemas a los que hoy nos enfrentamos imponen una agenda vertiginosa y exigente a toda la sociedad, pero de manera especial a la universidad. La universidad es la institución que debe formar profesionales que estén a la altura de los problemas, personas que sean capaces de innovar, de pensar y resolver los nuevos desafíos. La innovación no sólo significa la creación de un nuevo saber sino también indagar cómo impacta en la sociedad. La innovación ha superado la imagen del especialista enfocado sólo en su parcela de estudio, para dar lugar a una mirada más amplia. Ese viejo modelo de formación profesional, que pretendía hacer de la carrera de grado el lugar donde el futuro egresado tuviera todas las herramientas para vérselas en su trabajo, está perimido. La formación hoy es permanente y nos obliga a reflexionar sobre nuestras prácticas y saberes.

Tomando estos desafíos, es que, desde el año 2010, se desarrolla el Congreso Internacional de Enseñanza de Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería (ECEFI) que en el año 2022 celebró su séptimo encuentro. Los congresos ECEFI se vienen realizando cada dos años sin interrupción incorporan-do permanente nuevas herramientas de investigación. El séptimo encuentro se desarrolló los días 26 y 27 de octubre del año mencionado en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. En todas las oportunidades el ECEFI ha sido organizado por el Grupo de Investigaciones en Matemática Aplicada a la Ingeniería y Gestión (IEMI). Se ha contado con la participación de docentes de facultades, centros e institutos de la Universidad de Valparaíso (Chile), la Universidad Nacional de Cuyo, la Universidad de

Mendoza, otras Facultades Regionales de la UTN y docentes de diversas universidades tanto de Argentina como de Latinoamérica.
Luego del éxito del Primer Foro sobre Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva realizado en el año 2017 e impulsado por el Dr. Dante Salatino (1949 - 2022), las ediciones de ECEFI 2018 y 2022 se hicieron en forma conjunta con el Foro sobre Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva. Esta decisión permitió potenciar no sólo las actividades de los docentes investigadores del Grupo de Investigaciones en Matemática Aplicada a la Ingeniería y Gestión (IEMI) sino también facilitar la difusión de novedades académicas, como la aplicación de las transformadas relacionales de la Lógica Transcursiva.
El presente libro reúne una selección de los trabajos presentados en el VII ECEFI. Los escritos están organizados en cinco secciones que comprenden: 1. Aplicaciones e Investigaciones en Ciencia y Tecnología; 2. Aportes a la Educación en Ingeniería; 3. Fundamentos Epistemológicos de la Tecnología; 4. Gestión Organizacional y Calidad y 5. Foro Jurídico. Cada sección está integrada por trabajos que exhiben la riqueza de temas y perspectivas que tienen los campos de conocimiento señalados.
La sección 1. “Aplicaciones e Investigaciones en Ciencia y Tecnología”, con diecisiete trabajos se relaciona con los conocimientos propios de las ciencias de la ingeniería, cuya diversidad de temas es coherente con la variedad de campos de conocimiento que atiende. Los temas presentados inician con la pregunta sobre revolución o evolución científica en el sistema periódico de los elementos químicos. Continúa con temas como el modelo cuántico unidimensional del coeficiente de difusión en los procesos difusivos; el modelado basa-do en agentes y el rendimiento de proyectos de construcción en función de su red de abastecimiento; el esquema de flujo de un modelo de simulación para la adsorción-desorción física; la aplicación de prácticas LEANBIM en el proceso proyectual arquitectónico; la estimación de coeficientes de difusión en zanahorias cocidas a distintas concentraciones de arsénico; los recursos computacionales para la comprensión de la transformada wavelet empírica (EWT); el análisis de tiempo real de tráfico de redes de datos mediante técnicas de inteligencia artificial; y la implementación y desarrollo de tecnología local en el área de la protección sísmica.

En esta misma sección también hay trabajos sobre la compa-ración cualitativa e instrumental de las respuestas del edificio aislado y el de base fija de la residencia universitaria de la FRM; el análisis de falla de un árbol de mando de horno de clinker; el estudio de roturas de árboles por acabado superficial mediante mecánica de fractura; el estudio de modelos de turbulencia y cavitación para predecir patrones de flujos cavitantes; la biorremediación de aguas de lejía provenientes de desamarizado de aceitunas verdes de mesa; la caracterización del colorante natural rojo gardenia para la elaboración de cerezas candeadas; la actualización del método experimental para medir el tiempo de reverberación en recintos; y el modelo de procesos difusivos no estacionarios en esferas huecas aplicado a la industria de alimentos.

Para continuar, la sección 2 referida a “Aportes a la Educación en Ingeniería” agrupa trece trabajos referidos a fundamentos, conceptos y prácticas en las ciencias de la ingenie-ría. En esta sección hay contribuciones focalizadas en las aportaciones para la comprensión de la física a través de programas en Python; las propuestas de la asociación global para la ingeniería de transición y las implicancias para la formación en ingenierías; aportes para el desarrollo de habilidades lectoras en estudiantes universitarios; la comprensión de textos de física y el análisis de imágenes secuenciadas y código verbal para facilitarla; un modelo de conocimiento para la creación de una carrera en educación superior; y las transformaciones lineales como un inicio en la formación por competencias.

Esta sección también incluye trabajos sobre juego de escape digital como una experiencia de aprendizaje en química general; la aceleración lineal en el movimiento circular y su presentación en textos para carreras de ingeniería; el diseño instruccional como soporte para la formación de ingenieros y el estudio del caso en el ambiente de las ciencias básicas; el estudio de algunas competencias lógico-matemáticas en carreras de ingeniería de la UTN FRM; notas pedagógicas para un taller de acompañamiento para preparar exámenes finales; la experiencia del acercamiento de estudiantes de ingeniería química a la temática del derecho al agua como un aporte a la formación de un profesional comprometido socialmente; las dificultades de los estudiantes de ingeniería para

la comprensión y uso del Teorema de Bayes desde una investigación experimental y descriptiva.
Las secciones 3 y 4 están integradas por cuatro trabajos referidos a los "Fundamentos Epistemológicos de la Tecnología", y la "Gestión Organizacional y Calidad". Las temáticas presentadas se relacionan con: el modelo de objetos para la implementación de un entorno ubicuo; el compromiso con el trabajo y el ciclo de alto rendimiento de Kondo en el contexto de pos pandemia y el análisis de los factores de motivación de la Generación Z en Argentina; el ciclo de mejora continua desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva y los puntos de aprendizaje para la implementación de la Gestión Total de la Calidad y la relación entre la trilogía de Juran y el aprendiza-je organizacional y su impacto en la gestión total de calidad desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva.
La sección 5. "Foro Jurídico incluye preguntas sobre la transformación digital del derecho y temas como la audiencia pre-liminar del art. 51 del código procesal laboral de la provincia de Mendoza; hacia; el enfoque jurídico de la situación del trabajador frente a los riesgos psicosociales; y el procedimiento de actuación ante comisiones médicas como etapa administrativa previa y obligatoria a la instancia judicial.
En las cinco secciones señaladas, el lector podrá encontrar una importante variedad de temas con enfoques novedosos, que ponen de manifiesto, entre otras cosas, el interés de los autores hacia los problemas que surgen de las ciencias de la ingeniería, así como el esfuerzo que los mismos realizan para intentar resolverlos acertadamente.
Esta edición incluye una sección adicional, que abre esta publicación, en memoria de nuestro amigo, colega y maestro Dante Roberto Salatino (1949-2022). En ella celebramos su vida y el aporte de la Lógica Transcursiva a la búsqueda del conocimiento. En esta selección de textos podrán encontrar tres artículos que muestran tanto la aplicación como el potencial de análisis de la Lógica Transcursiva (LT). El primero presentado por el Dr. Ing. Guillermo Cuadrado muestra la estructura de la LT y dos casos de aplicación. Uno de ellos en el área de biología y el otro en el área de las ciencias sociales. Los restantes dos artículos relacionados muestran la aplicación de la LT en el área de la gestión organizacional y calidad.

Por último, debemos destacar y agradecer el apoyo y la ayuda permanente de la Secretaría de Extensión Universitaria por el apoyo logístico brindado sino también el rol como anfitriones de la Facultad Regional Mendoza, UTN y del Departamento de Ciencias Básicas de la Ingeniería. Sin el apoyo de estas instituciones y de todo el personal no hubiera sido posible concretar el encuentro ni su posterior publicación.

ESTEBAN ANZOISE
JUAN ERNESTO CALDERÓN

mayo de 2023
Mendoza, Argentina

IN MEMORIAM

EN ESTA SECCIÓN CELEBRAMOS LA VIDA DE
NUESTRO MAESTRO, COLEGA Y AMIGO
DANTE SALATINO

IN MEMORIAM

PROF. DR.

DANTE ROBERTO SALATINO

(1949-2022)

Dante Salatino nació en Mendoza y estudió en la Universidad Nacional de Cuyo, donde se graduó de médico en 1974. Se graduó en *Ecocardiografía* en la Universidad de Buenos Aires (1981) y de *Especialista en Cardiología Clínica* en la Universidad Nacional de Cuyo (2002) profesión que practicó por 40 años. A partir de 1980 aproximadamente se produjo el desarrollo expansivo de la informática en casi todas las áreas del conocimiento, incluida la medicina. Por esa razón, Salatino se preparó como *analista de sistemas* y *programador senior* de NCR (1982) y realizó una especialización en inteligencia artificial, aspecto que aplicó en diversas áreas de la Informática Médica, como las emergencias cardíacas y la toxicología asistida. Promovió la Informática Médica en los estudios de Posgrado de Cardiología y de Administración Hospitalaria.

Cabe agregar que Salatino no se circunscribió solo a su profesión, también cultivó las Humanidades en general y la cultura egipcia y el medioevo en particular. Asimismo, en su libro *Mis Pasiones,* él reconoció su gusto por la lectura de las obras de Sigmund Freud, Albert Einstein y Jorge Luis Borges. Cabe agregar que sus inclinaciones por la Lingüística, la Psicolingüística y la Inteligencia Artificial lo llevaron a ingresar en 2005 al Instituto de Lingüística (Facultad de Filosofía y Letras, UNCuyo), donde se doctoró como *Doctor en Letras, especialidad Psicolingüística*, en 2011.

La tesis doctoral de Salatino se refiere a ciertos aspectos psico-bio-socio-culturales del lenguaje natural humano y a la teoría psicológica del lenguaje, tal como él lo entiende en su obra. Para demostrar su tesis desarrolló la Lógica Transcursiva. Esta última es una creación que pone de manifiesto sus facetas de científico y de

humanista, por ello puede aplicarse en ambos ámbitos, más aún, estos pueden combinarse entre sí. Así lo demuestra su obra y las de aquellos que la adoptaron para explicar asuntos muy diversos, como análisis literarios o circuitos electrónicos. Se trata de un método científico complementario que considera la perspectiva del observador de un fenómeno. El mismo permite explicar el hecho mientras transcurre y, además, deja constancia de aquello que afecta al observador en esa evolución.

La Lógica Transcursiva sostiene que en cualquier fenómeno existen elementos característicos básicos que forman una estructura de grupo, definido funcionalmente por una conexión de Galois. Este sistema de relaciones conforma la sintaxis de un lenguaje universal, cuya unidad operativa es un patrón autónomo universal compuesto por dos triadas: una superficial, que representa la apariencia del hecho real y una profunda y recóndita que lo explica. Algunas de las posibilidades que ofrece la Lógica Transcursiva son: relacionar la existencia concreta a la abstracta, vincular sensaciones con ideas o explorar realidades que afectan al sujeto, además permite dar el primer paso de una investigación en ámbitos con escasa teoría, porque permite detectar los factores determinantes que explican un fenómeno.

El Dr. Salatino fue un verdadero universitario en todos los sentidos, querido y admirado por sus alumnos y colegas, siempre dispuesto a discutir los resultados de un trabajo, sugiriendo otros puntos de vista o aportando ideas nuevas. Además, fue miembro de diversas sociedades académicas, asesor de revistas científicas, miembro del comité editorial de publicaciones especializadas como el *International Journal of Research and Methodology in Social Science,* el *CIHAN International Journal of Social Science* o la *Revista de Psicopatología y Salud Mental del niño y del adolescente*. Salatino organizó los “Foros sobre Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva” en la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional desde 2017 hasta el 2020, cuya selección de trabajos se reflejan en cuatro tomos, con una variedad bastante extensa de aplicaciones en ámbitos muy diversos del conocimiento.

En 2021 Dante Salatino fue declarado ciudadano ilustre por la Municipalidad de Godoy Cruz, el departamento de Mendoza donde él vivía. Cabe agregar que, a sus publicaciones científicas que

superan el medio centenar, se suman algunas novelas históricas. Casi todas esas contribuciones las compartió generosamente en su blog (https://aprend3r.blogspot.com/), que actualmente es atendido por su hijo Diego. Sin duda, la partida de Dante deja un vacío difícil de llenar en la vida de quienes lo conocimos y en la historia intelectual de la Ciudad de Mendoza.

* * *

HOMENAJE A DANTE SALATINO: CONSTRUCCIÓN DE MODELOS CON LÓGICA TRANSCURSIVA

Guillermo Cuadrado

Grupo IEMI, F. R. Mendoza, UTN

Resumen: La construcción y uso de modelos están cada vez más extendidos en todos los ámbitos del conocimiento. En ese sentido, la Lógica Transcursiva de Dante Salatino complementa esa práctica introduciendo la perspectiva del observador de un fenómeno, sin importar el ámbito de conocimiento al que pertenezca. Además, permite elaborar modelos, partiendo de patrones autónomos y coordinando teorías para elaborar explicaciones y aplicaciones. En este trabajo se informaron los principios de esta lógica y, para que se aprecie su potencial, se presentaron dos modelos de ámbitos muy diversos: el patrón estructural de una Nación que forman etnia, proyecto político, territorio y cultura y adaptaciones de la polilla del abedul. El método usado para obtener la información consistió en seleccionar las teorías pertinentes, encontrar los patrones autónomos universales de cada modelo y analizarlos en forma lógica y epistemológica. Se encontró que la aplicación de patrones de la Lógica Transcursiva: justifica el modo como el proyecto político de una nación determina relaciones recurrentes entre los miembros de su etnia, de estos entre sí y con los recursos de su territorio y su cultura.; y explica teóricamente el regreso al equilibrio natural, luego de una readaptación. El trabajo permite concluir que la Lógica Transcursiva introduce criterios conceptuales y manifestaciones comunicativas, que enriquecen la comprensión de los temas tratados.

Palabras claves: sujeto, objeto, patrón autónomo universal, proyecto político de una nación, melanismo industrial

INTRODUCCIÓN

La construcción de modelos siempre ha sido relevante en ciencia y tecnología y su importancia se acrecentó con las simulaciones por computadoras, porque facilitan su fundamentación. Por ese motivo, su uso está cada vez más extendido en todos los ámbitos del conocimiento.

Un modelo cumple la función de representar alguna cosa, explicándola con el auxilio de algún recurso comunicativo como una analogía, un arquetipo o un prototipo y se usa para informar cierta realidad en estudio. Por cierto, los modelos y las teorías son objetos semióticos porque se usan para explicar algo que es distinto de ellos mismos.

Resulta oportuno destacar, que la ciencia está organizada para asegurar la objetividad, en el sentido que es independiente del sujeto que la afirma o la percibe. Sin embargo, demanda ciertas aptitudes de quién hace ciencia, como entender y realizar correctamente las operaciones pertinentes de cada actividad planteada. Los sentidos objetivo y subjetivo de la ciencia han sido tratados con diferentes perspectivas y por ciertos autores como E. Agazzi (1934;-), F. Hayek (1899-1992), J. von Uexküll (1864-1944), J. Bochenski (1902-1995), K. Popper (1902-1994), I. Nonaka (1935;-), H. Takeuchi (1936,-), entre los más destacados.

Es pertinente añadir al listado a D. Salatino (1949-2022), quién propone un particular punto de vista para tratar lo objetivo y lo subjetivo: la Lógica Transcursiva. Esta última es un método semiótico que complementa la investigación científica tradicional introduciendo la perspectiva del observador de un fenómeno cualquiera. La misma permite elaborar teorías y modelos en todos los ámbitos del conocimiento, proporcionando explicaciones válidas, que respetan estrictamente el método aceptado por la comunidad científica (Salatino: 2017, 126).

En tal sentido, el tema tratado se ubica en la línea de investigación introducida por la perspectiva subjetivista adoptada a partir de la segunda mitad del siglo XX, que admite la existencia de objetos cuando hay un sujeto que los conoce (Agazzi: 1978, 405-406).

Con respecto al propósito de esta contribución, se revisan los sentidos de los términos ‘subjetivo’ y ‘objetivo’ y se describe el fundamento de la Lógica Transcursiva (LT) en forma breve. Además, para revelar como opera esta última, se analizan el proyecto político de una nación y la situación del melanismo industrial.

Este trabajo está organizado del siguiente modo. En primer lugar, se caracterizan sentidos objetivo y subjetivo de la ciencia revisando brevemente los puntos de vista de Agazzi; Hayek, von Uexküll, Bochenski y Popper. En segundo lugar, se describe el concepto de

Lógica Transcursiva de Dante Salatino. En tercer lugar, se describe brevemente la teoría de Etnias y Naciones de U. Moulines (1946-) y se la utiliza para componer un patrón autónomo universal (PAU) de la LT para explicar el rol del proyecto político de una nación. Para finalizar, se aplica la LT para fundamentar el fenómeno del melanismo industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado para la obtener la información de este trabajo consistió en analizar, en forma lógica y epistemológica, la bibliografía sobre las teorías señaladas y los procedimientos que ellas suponen, siguiendo los criterios organizadores propuestos.

Aspectos objetivos y subjetivos en la ciencia

La palabra ‘objeto’ se refiere al asunto estudiado y su sentido se contrapone al término ‘sujeto’, que designa a quién hace el estudio. Ambos son conceptos relacionales y mutuamente excluyentes, ya que la afirmación de uno de ellos niega al otro, pero lo coloca en el foco de la atención en forma tácita. Adicionalmente, al declarar que una característica es ‘objetiva’, por ser inherente al objeto, también se está indicando que la misma es independiente del sujeto que la percibe.

Hay que destacar que la dualidad de sentidos de ‘objetivo’ es clara. En una de las acepciones la objetividad es alguna característica intrínseca del objeto, con una existencia independiente del sujeto, que la conoce. En consecuencia, ese conocimiento es universal y necesario, como requisito formal de la objetividad, sin procurar que refleje propiedades de los objetos o que implique alguna consecuencia de este tipo. En la otra acepción, la objetividad debe ser válida para todos los sujetos, para que sea universal y necesaria.

De acuerdo con Agazzi (1978, 405-406), la ciencia moderna, por un largo período adoptó la idea de conocimiento objetivo en el primer sentido. Sin embargo, por razones que exceden a este trabajo, después de la segunda mitad del siglo pasado, optó por el segundo tipo, que admite la existencia de objetos cuando hay un sujeto que los conoce.

Hayek (1955, 29) sostiene que los términos ‘subjetivo’ y ‘objetivo’, aún con ciertas dificultades, han permitido señalar diferencias entre las ciencias naturales y las sociales, Además, el vocablo ‘subjetivo’

destaca que, si bien, todas las personas poseen una estructura común que hace posible la comunicación, cada una de ellas tiene conocimientos y creencias distintas, incluso a veces, contradictorias en muchos aspectos. Sin embargo, si las todas las personas tuviesen idénticos conocimientos y creencias, no importaría si ese hecho se describe como un hecho objetivo o subjetivo.

Para Von Uexküll (1926, 48-50) la distinción entre objetivo y subjetivo tiene un significado real, aun admitiendo que no existe la objetividad absoluta. Incluso, si el sujeto estuviera al tanto de las señales de dirección subjetivas que acompañan los movimientos de sus músculos, no sabría nada de un mundo objetivo, sino que estaría rodeado por un espacio subjetivo. Cada signo local es estrictamente subjetivo, pero si se asocia a una cualidad, se convierte en objetivo.

Por su parte, Bochenski (1976: 30-31) sostiene que la ciencia tiene dos significaciones, una subjetiva y otra objetiva. La primera es el atributo de un hombre en particular, que posee un saber sistemático para realizar correctamente las operaciones intelectuales y manuales de una ciencia, como consecuencia de haber penetrado sistemáticamente en sus relaciones de contenido. Este aspecto subjetivo requiere del investigador capacidad, dedicación y predisposición, para hacer posibles los descubrimientos científicos. Pero, estos se conocen, si el científico los comunica en algún lenguaje que exprese ese conocimiento en una descripción.

Cuando eso ocurre, el conocimiento descrito se vuelve objetivo y se formula en oraciones enunciativas, como ‘el Sol es una estrella’. Por ese motivo, en la significación objetiva, la ciencia es un conjunto de proposiciones objetivas y una construcción social, ya que esa realidad está en el pensamiento de muchos hombres, porque ninguno de ellos conoce todas las proposiciones de una disciplina. En efecto, este aspecto objetivo de la ciencia permite comunicar, fundamentar y verificar de manera ínter-subjetiva los resultados de una investigación.

En relación con estos conceptos, la teoría de los tres mundos de Karl Popper (1974, 76-77, 107-108), clasifica el mundo del conocimiento en tres categorías: mundo 1, de los objetos físicos; mundo 2, de las disposiciones, expectativas y procesos mentales y mundo 3, de los contenidos objetivos de pensamiento científico, artístico o de otra índole, que se encuentra en el contenido de libros,

bibliotecas, museos, computadoras y repositorios digitales. El mundo 3 es autónomo y en él existen relaciones lógicas implícitas. Cuando alguien las encuentra hace un descubrimiento teórico, de la misma manera que en el mundo 1 se hacen los descubrimientos empíricos, nuevas especies, de plantas, animales o enfermedades, lugares geográficos, por indicar algunas.

Ahora bien, el mundo 3 comienza y se desarrolla en el lenguaje humano; y consiste en problemas, teorías y argumentos, que se vuelven independientes de los sujetos que los enunciaron, al ser presentados ante otros de alguna forma. Por ese motivo, está potencialmente disponible para ser conocido por quién desee explorarlo. En cambio, la mayor parte del conocimiento subjetivo que tiene una determinada persona es inherente al mundo 2. Este último, depende del contenido de los repositorios que tiene el mundo 3, que influyen sobre las disposiciones para actuar o sobre el interés que tienen los sujetos por el conocimiento.

Es oportuno aclarar que no existen datos puros, porque estos surgen de alguna observación, que realiza un observador. A su vez, este último interpreta lo observado con el conocimiento que tiene de la realidad, que pueden ser teorías, marcos doctrinales o construcciones intelectuales (Popper: 1974, 140; Hanson: 1977, 78-79). En síntesis, los datos están cargados de teoría, porque dependen del observador que los escoge. En ese sentido, al observar una realidad con una teoría, ésta indica los datos a observar y pone nitidez en aquello que se ha observado. En cambio, si no hay teoría, lo observado depende de elaboraciones muy subjetivas que pueden tener aspectos poco relevantes.

Resulta evidente que las descripciones escritas en algún lenguaje hacen emerger a ese mundo 3. Es en este último donde se plantean problemas, se argumenta, se hacen críticas racionales, y esos argumentos sobre las descripciones consideran su contenido, su verdad o su verosimilitud. En cambio, el conocimiento subjetivo de la ciencia busca aplicar correctamente el método científico, esto es, el proceso destinado a explicar fenómenos, relacionar sucesos y enunciar leyes que expliquen hechos físicos o sociales, para lograr aplicaciones útiles al hombre.

Cabe añadir, que D. Salatino propuso un particular punto de vista para tratar lo objetivo y lo subjetivo que denominó ‘Lógica

Transcursiva', un método complementario de la ciencia, que tiene en cuenta la perspectiva del observador.

Descripción sucinta de la Lógica Transcursiva de Dante Salatino

La Lógica Transcursiva fue desarrollada por Dante Salatino en su tesis doctoral Semiótica de los sistemas reales (2009) para dar cuenta de la realidad subjetiva y el lenguaje natural. La misma tiene antecedentes en la lógica transclásica de Gotthard Günther y las influencias de autores como G. W. F. Hegel, L. Wittgenstein, C. S. Peirce, E. Galois entre otros.

Es pertinente señalar, que la ciencia objetiva se sustenta en una lógica binaria que demarca dicotomías como objeto o sujeto, existencia o su ausencia, positivo o negativo, cantidad o cualidad, designado o no-designado. Se trata de un universo objetivo que admite una sola negación, denominado 'monocontextura'. En cambio, la lógica policontextural, que propuso Günther, es un lenguaje con más de una negación, que le permite justificar la distribución heterárquica de sistemas binarios en múltiples contexturas. Cada una de estas últimas surge de aplicar negaciones sucesivas, permitiendo así, las contexturas del objeto, el sujeto y lo subjetivo, que son valores lógicos. De esta manera, cada negación produce un desplazamiento a la contextura sucesiva, siguiendo un ciclo. A pesar de su ingeniosa concepción, esa lógica tuvo dificultades en su aplicación (Salatino: 2009, 44-45).

Por su parte, Salatino (2009, 46-47) propuso la Lógica Transcursiva que es una lógica policontextural modificada, con el propósito de transformar esa herramienta en operativa y útil. Las modificaciones consistieron en: 1) distribuir los valores lógicos utilizando operadores booleanos; 2) elaborar autómatas llamados Patrones Autónomos Universales (PAUs), que son análogos de los autómatas finitos de la lógica clásica; 3) incluir un tiempo interno o psíquico, que suple la falta de sincronización, dado que cada forma de expresión de la identidad requiere de un tiempo propio; 4) proponer un lenguaje universal, para especificar la interacción simultánea entre las contexturas; y 5) agregó una cuarta contextura para advertir de la cognición, fundamento esencial de la Lógica Transcursiva.

En esta lógica se asigna ‘1’ al desorden y ‘0’ al orden, luego la contextura del sujeto será identificada con el código ‘01’, porque tiene desorden y ausencia de orden. Por razones equivalentes, la contextura del objeto será identificada con el código ‘10’, porque tiene orden y ausencia de desorden. En la lógica clásica, en la relación directa entre sujeto y objeto, cuando se designa el objeto, el sujeto desaparece, dado que su ‘lenguaje’ tiene una sola negación, porque prioriza la designación de objetos. Luego, para rescatar el sujeto que se pierde al hacer la designación del objeto, se crea una nueva contextura o nicho ontológico en donde alojar al sujeto negado. Para dar cuenta de la relación directa o evidente entre sujeto y objeto se genera otro nicho ontológico, destinado a contener lo denotado de los otros dos, asignándole el código ‘11’, que significa que contiene la co-presencia de orden y desorden. A eso se agrega un cuarto nicho ontológico, que sugiere que entre sujeto y objeto también existe una relación indirecta o profunda, que no es evidente, cuyo código binario es ‘00’, por alojar lo no designado del objeto y del sujeto, dicho de otro modo, el nicho aloja la co-ausencia (Salatino: 2012, 202-204).

Por su parte, la Lógica Transcursiva (LT) es una Lógica porque estudia procedimientos generales para conocer la realidad. Se denomina ‘Transcursiva’ porque explica el fenómeno mientras transcurre, dejando constancia de lo que afecta al observador en esa evolución. Además, es un método particularmente apropiado para escribir un ensayo, donde los puntos de vista del autor son subjetivos.

Si bien el método estándar plantea que los fenómenos son objetivos, estos también se pueden abordar desde el punto de vista del observador. Este cambio permite abordar el estudio de un fenómeno de cualquier disciplina y dar explicaciones válidas del mismo, que respetan estrictamente el método aceptado por la comunidad científica (Salatino: 2017, 126). Conviene destacar que la Lógica Transcursiva (LT) es un método semiótico que complementa la investigación científica tradicional, introduciendo la perspectiva del observador de un fenómeno cualquiera, sin importar el ámbito de conocimiento al que pertenece.

Es una Lógica orientada a conocer la realidad subjetiva, para la que no son suficientes las inferencias de la lógica tradicional. Sin embargo, sus procedimientos también permiten estudiar diversos

aspectos de la realidad objetiva, en general. En particular, la LT es muy útil para identificar el objetivo de un estudio y determinar cuáles son las relaciones relevantes para emprender la investigación, luego se continúa aplicando el método tradicional. Si bien, la LT se puede adoptar en cualquier área de investigación, es especialmente aplicable en Ciencias Sociales, donde no existen sistemas de unidades de medida, como el sistema métrico por ejemplo y, tampoco se pueden hacer experimentos, como en las Ciencias Naturales, porque los sujetos tienen memoria y por ese motivo las experiencias no son repetibles.

En la LT, las manifestaciones evidentes de la porción de realidad investigada se complementan con la perspectiva del agente que la estudia. Para acoplar los aspectos subjetivos y objetivos de la situación estudiada se prescinde de cualquier marco de referencia. Frente a un tema nuevo poco teorizado, esta lógica reduce la explosión combinatoria de los factores intervinientes y resalta aquellos que determinan el fenómeno considerado.

Un ejemplo puede ayudar a comprender como trabaja la LT. Sea un sujeto que observa una mano (objeto) que se le presenta al sentido de la vista cómo un conjunto de dedos unidos por la palma. En esa visión, los elementos son distintos entre sí, pero están unidos, se trata de una unión de diferencias. Por otra parte, la vista es el atributo intrínseco del observador y la característica inherente de la mano es tener dedos; mientras que en la observación participan tanto la vista como los dedos y su palma. Esa es la realidad objetiva o aparente.

Luego, la inteligencia encuentra que los dedos son semejantes entre ellos, pero cada uno desempeña una función diferente y en consecuencia, le asigna un nombre a cada uno de ellos, distinguiendo pulgar, índice, mayor, anular y meñique. La distinción de los elementos semejantes de un conjunto es el aspecto inteligible del fenómeno observado. Aquí no intervienen los sentidos, es un conocimiento que constituye la realidad subjetiva o comprensión profunda del fenómeno, donde los dedos y la vista están ausentes, pero se hacen presentes en la conciencia con solo nombrarlos.

Dicho brevemente, la organización aparente propone asignar el término “mano” al objeto observado por la apariencia que este presenta; mientras que el entendimiento promueve una reorganización que permite comprobar que el objeto observado es

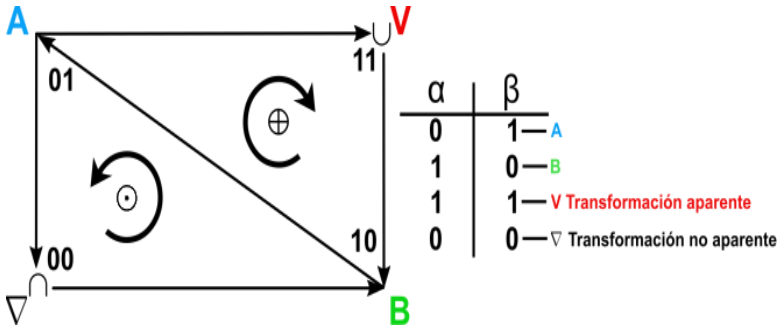
efectivamente una mano, gracias al sentido que le dimos al objeto observado.

Así como se aplicó la LT al proceso de comprensión de lo que es una mano, la misma se puede adoptar para objetos o fenómenos mucho más complejos como: la subjetividad del valor en la Escuela Austríaca de Economía, evaluar el fundamento del Cálculo Infinitesimal, determinar un Modelo Nosológico de la Endometritis Crónica o explicar la selección natural y el melanismo industrial en el caso de la Polilla del Abedul. No importa ni la complejidad del evento ni el área de conocimiento, el patrón relacional entre los elementos fundamentales que determinan el fenómeno es siempre el mismo.

Cualquier fenómeno tiene elementos básicos característicos no siempre evidentes. La LT contribuye a identificarlos, buscando los elementos estáticos que guardan la triple relación de oposición, complementariedad y concurrencia, que establece un Patrón Autónomo Universal (PAU) (Figura 1). El mismo forma un grupo de permutación de Galois, porque cumple con ciertas reglas, que no es el caso tratar ahora. Luego, cuando el fenómeno se representa y se codifica surgen transformaciones, que luego de recorrer un ciclo vuelven a repetirse. Este patrón desempeña el rol de unidad de medida o de referencia, permitiendo que personas diferentes lleguen a conclusiones similares en disciplinas que no poseen sistemas de unidades de medida.

La idea central es que, en un fenómeno cualquiera, un sujeto (A) observa un objeto (B) y se relacionan por dos transformaciones: una superficial o aparente (V) y otra recóndita o profunda (∇). Los elementos A y B se identifican individualizando alguna característica propia de cada aspecto esencial (α y β), como el sentido de la vista, que es propio del sujeto y, los dedos de la mano, que son propios del objeto. Cada aspecto esencial se encuentra en uno, pero no en el otro y viceversa: A(0, β), donde A tiene la característica β, pero no la α y B(α, 0), donde B posee α, pero no la β, como la vista y los dedos, del ejemplo. La transformación superficial posee ambas características, V(α, β), es el caso de la observación del ejemplo; mientras que en la transformación recóndita ambas características están ausentes ∇(0, 0), como es el conocimiento de la mano del ejemplo, donde la vista y los dedos están ausentes.

Figura 1
PAU estructural



En la estructura estática que forma el rectángulo AVB∇, la diagonal BA provee la función que dinamiza el sistema. En el ejemplo presentado serían las funciones de la mano, de la que también surgen los nombres de los dedos. En el triángulo superior se aprecian las transformaciones aparentes o cuantitativas que permiten entender la organización estructural del fenómeno observado. Es una solución parcial porque se alcanza con haber entendido el significado del mismo. Las mismas se evidencian en el PAU aplicando la operación de disyunción excluyente, lo que provoca un desplazamiento dextrógiro de las relaciones, que sigue la secuencia: 01, 11, 10, ... 01, 11, 10, ...
En cambio, en el triángulo inferior se producen las transformaciones recónditas o cualitativas, que ponen en funcionamiento el sistema y hacen efectiva las relaciones que lo explican, permitiendo alcanzar la comprensión cabal del fenómeno. Estas se emulan aplicando la operación booleana de equivalencia, que es opuesta a la anterior y que desplaza las relaciones en forma levógira, siguiendo la sucesión: 01, 00, 10, ... 01, 00, 10, ...
Con referencia al PAU descrito se denomina ‘estructural’, aunque la Lógica Transcursiva también tiene otros patrones: funcional, cíclico, bicíclico y dos hemicíclicos. Conviene destacar que todos tienen los mismos elementos genéricos y fundamentales y, se diferencian porque siguen distintas secuencias de aplicación, para cubrir una diversidad importante de fenómenos. Con estos instrumentos se

pueden elaborar teorías, modelos y metodologías. En todos los casos se trata de encontrar un invariante que, de alguna manera, explique porqué se conservan las leyes naturales o porqué un comportamiento social es de determinada manera y no de otra

APLICACIONES

El rol del proyecto político de una nación

Para presentar este tema se introduce brevemente el concepto de 'nación'. En ese propósito, Moulines (2001, 81-107) elaboró una teoría sobre "Etnias y Naciones" que fija ciertos principios.

Las etnias son entidades reales que rigen en parte la evolución política, social y cultural de la humanidad. Sus manifestaciones fenoménicas son de carácter cultural en la mayoría de los casos, sin embargo, admite casos de rasgos anatómicos o fisiológicos de sus personas.

Una tradición es la transmisión de una lengua, una cultura, doctrinas, religión, ritos, costumbres, literatura, entre otros factores, que se mantienen de generación en generación.

Para que una persona sea miembro de una etnia se requiere alguna combinación de factores, nunca menos de dos, como lengua, cultura, religión, ciertas tradiciones estéticas, una "forma de vida", un territorio o ciertos rasgos anatómicos.

Las etnias cambian preservando su identidad, modificando solo una parte de sus tradiciones.

Las etnias son conjuntos borrosos o difusos (fuzzy-sets), cuya pertenencia se da en mayor o menor grado. En ese mismo sentido, suelen presentar diversos niveles de agregación, esto significa que respecto a una etnia dada hay 'subetnias' y 'superetnias'.

Una nación es una etnia que dispone de un programa político de preservación y desarrollo de su propia identidad, entendido en sentido amplio. Dicho brevemente, una nación es una etnia con un proyecto político.

A la luz de la teoría señalada, una nación es una etnia, que dispone de un programa político de preservación y desarrollo de su propia identidad, en un territorio determinado y, tiene una cultura. La Lógica Transcursiva (LT) de Dante Salatino permite analizar el tema, considerando que cualquier Nación tiene una "Etnia" (A), un "Territorio" (B), un "Proyecto Político" (V) y una "Cultura" generada por el proyecto político (∇). Esos cuatro componentes fueron

seleccionados por ser opuestos, complementarios y concurrentes, lo que permite formar un Patrón Autónomo Universal (PAU) estructural. Cada uno de esos elementos funciona como si fuese un rótulo o un continente. Luego, con el auxilio de la LT se establecen relaciones entre ellos, cuyo análisis constituye el núcleo fundamental de esta discusión.
Luego, de acuerdo con el propósito del estudio y en un segundo análisis, particularizando un poco más, se pueden inspeccionar las relaciones de contenido en el interior de cada continente o entre ellos. Este patrón (PAU) tiene un aspecto aparente representado por el triángulo superior del gráfico "Etnia, Proyecto Político, Territorio" y, otro recóndito o no evidente representado por el triángulo inferior "Etnia, Cultura, Territorio", que determina lo que se observa en esa apariencia (Figura 2).

Figura 2
PAU estructural para el rol del proyecto político de una nación

Con respecto a la característica esencial propia de cada miembro de una "Etnia" (A) es "tener Necesidades" y "disponer de Acciones Posibles para satisfacerlas" (β), mientras que el rasgo fundamental propio de un "Territorio" (B) es la "disponibilidad de ciertos Recursos Materiales" (α). Ambos elementos, son opuestos, complementarios y concurrentes, dado que "las Necesidades de la Etnia" se satisfacen con los "Recursos Materiales disponibles en el Territorio", aplicando las "Acciones Posibles pertinentes". Por otra parte, el "Proyecto Político" establece las relaciones entre los miembros de la "Etnia", regula sus "Acciones Posibles" y satisface sus necesidades organizando los "Recursos Materiales disponibles en el Territorio".

La función que dinamiza el sistema “Etnia, Territorio, Proyecto Político, Cultura” (AVB▽) está constituida por los vínculos racionales, emocionales y actitudinales que tienen los miembros de la Etnia con el Territorio y el Proyecto Político. La misma está representada por la diagonal que vincula el “Territorio” con la “Etnia” (BA), determinando los triángulos superior e inferior, donde se producen las transformaciones, evidentes en el primero y recónditas en el segundo. El vínculo que tiene la Etnia con el Territorio y el Proyecto Político puede ser positivo o negativo. Es positivo cuando la Etnia se arraiga en el Territorio y tiene la expectativa de un futuro mejor, en ese lugar. En contraste, es negativo cuando se produce el rechazo del proyecto político, por ausencia de libertades o de posibilidades de progreso económico y cultural, situación que genera desesperanza y desarraigo y, alienta el abandono de la nación.

Ejemplos de vinculaciones negativas son las diásporas, como la que tuvieron los judíos en el pasado o las actuales, como la de los cubanos y venezolanos que escapan de los “paraísos comunistas” o los ucranianos que escapan de la guerra, por nombrar algunas. Mientras que casos de desarraigo por el territorio fueron la de Irlanda, producida por la hambruna de 1845, que provocó la muerte de un millón de personas y una diáspora de más de un millón y medio de ellas o la de Haití, causada por el terremoto de 2010 que devastó el país y dispersó cientos de miles de haitianos.

Otra situación es el desarraigo de una etnia que opta por establecerse en otra nación. El mismo surge del deseo de encontrar progreso económico en otra nación con un proyecto político distinto, impulsado por la escasa respuesta que ofrece el proyecto político de la propia nación. Tal es el caso de los mejicanos que emigran a Estados Unidos o los africanos que buscan mudarse a Europa. En ese mismo sentido, la Argentina fue un caso notable en el lapso que va de 1870 a 1930, porque generó el arraigo de millones de migrantes europeos y del imperio otomano, ofreciendo un futuro mejor fácilmente constatable. En cambio, a partir de 2022, se está verificando el proceso inverso, muchos argentinos formados en la cultura del trabajo, la mayoría con formación universitaria intentan recorrer el camino inverso al de sus ancestros, porque evalúan que la Argentina no les ofrece ningún futuro.

Es particularmente significativo, que pese a las excelentes argumentaciones teóricas de los intelectuales progresistas y marxistas en contra del capitalismo y a favor de igualitarismo entre los hombres, aún no se ha producido ninguna migración generalizada hacia naciones con proyectos políticos comunistas o populistas. Y, como ya se señaló, las personas escapan masivamente de las diversas variantes que ofrece el comunismo.

Con referencia al triángulo superior del gráfico, los elementos se relacionan en forma dinámica y cíclica, siguiendo un recorrido dextrógiro, que se completa cuando el Territorio genera un vínculo racional, emocional y actitudinal en la Etnia. Allí se producen las transformaciones aparentes o cuantitativas, que se obtienen aplicando en la representación la operación de disyunción excluyente en forma dextrógira, donde están presentes ambas características, α y β. El recorrido completo de cada ciclo representa la resolución aparente de un problema de relación entre personas o de asignación de recursos.

Tal como se indicó, los vínculos racionales, emocionales y actitudinales (diagonal “Territorio” - “Etnia”) que delimita los triángulos superior e inferior constituye el núcleo que dinamiza el patrón autónomo universal (PAU) presentado. De ese modo, en el triángulo superior, la Etnia reclama al Proyecto Político la satisfacción de sus necesidades. Este último, a su vez, debe crear las condiciones para que la Etnia pueda disponer de Acciones Posibles para satisfacer esas necesidades con los Recursos Materiales disponibles en el territorio. Por su parte, si se mantiene la infraestructura existente para producir bienes y servicios o la misma se amplia, creando otras nuevas y además, se conservan las instituciones educativas actuales o se agregan nuevas, la Etnia mantendrá, ampliará y mejorará sus capacidades racionales, emocionales y actitudinales. Caso contrario, esas capacidades comenzarán a disminuir y a deteriorarse en las generaciones sucesivas, como ocurre actualmente en Argentina.

Al mismo tiempo, la creación de bienes e infraestructura, representados por el triángulo superior, genera aprendizajes en los lugares de trabajo o en las instituciones educativas, que se van capitalizando recónditamente, aspecto representado por el triángulo inferior. Ese bagaje se acumula en forma de experiencias y conocimientos que tienen las personas o en forma de ideas

registradas en objetos o documentos. En efecto, en la medida que se repite un proceso o un conjunto de acciones se producen aprendizajes individuales o colectivos, cuando estos involucran a grupos de personas. De este modo, el proyecto político va afianzando cierta cultura en forma recursiva. La misma queda consolidada, luego de varios ciclos.

Hecha la observación anterior, se puede constatar que este mecanismo rige por igual para distintos proyectos políticos. La estructura del patrón autónomo universal no varía, es la misma para un feudo o una república. Por el contrario, los contenidos de las relaciones si cambian, son muy distintos, ya que estos dependen del proyecto político vigente.

Cada vez que el ciclo dextrógiro del triángulo superior pasa por la diagonal principal se genera un aprendizaje de la etnia, en donde las características α y β están materialmente ausentes, pero potencialmente presentes, en forma de conocimientos y de ideas en las personas, a veces registradas en objetos o documentos como ya se indicó. El conjunto de esos aprendizajes se va acumulando hasta que llegado a cierto umbral se activa el ciclo levógiro del triángulo inferior, que registra el problema efectivamente resuelto y, se expresa como la Cultura generada por el Proyecto Político (▽). A partir de ese momento, el funcionamiento de los ciclos aparente y recóndito se vuelve simultáneo y estable en el tiempo.

Como puede inferirse, el “Proyecto Político” por el que opta una “Etnia”, o le viene impuesto, como ocurre con las conquistas, determina: la estructura social y las relaciones entre las personas y, el modo como se van a satisfacer sus necesidades, organizando y proporcionando los recursos materiales disponibles en el territorio. Naturalmente la posibilidad de desarrollar habilidades para satisfacer esas demandas se encuentra en el reservorio de la Cultura y en las Instituciones Educativas que generó el Proyecto Político.

Cuando la Cultura generada por el Proyecto Político favorece el conocimiento, la libertad y la convivencia, las personas que participan de la misma disponen de los aprendizajes que ésta ofrece. En ese caso, ellas pueden llevar esas habilidades a donde vayan y replicarlas, que serán bien recibidas. En cambio, un Proyecto Político que promueve una Cultura asistencialista, que tolera la ignorancia, fomenta la indolencia y la desidia, reduce las

posibilidades de una vida decorosa en el propio territorio. Tal es el caso de los planes sociales, que en un principio parecen resolver un problema, pero al prolongarse su vigencia genera pobreza y marginación, ya que afecta los hábitos y actitudes de la población a la que supuestamente favorecen. Sólo la educación puede modificar las prácticas y comportamientos de las personas, potenciando los aspectos positivos y contrarrestando las situaciones negativas de una cultura.

En resumidas cuentas, las Etnias que optan por ser repúblicas democráticas o monarquías constitucionales se caracterizan porque todos los habitantes respetan una constitución que asegura la división de poderes, las libertades individuales y el derecho a la propiedad. Las naciones que respetan esas condiciones tienen seguridad jurídica, lo que le permite a la Etnia una convivencia previsible y satisfacer sus necesidades sin problemas. Tal es el caso de Francia, Estados Unidos, Canadá, …, Chile, Uruguay, Paraguay o Brasil.

Caso contrario, las etnias que optan por una autocracia o les viene impuesta, como el feudalismo, el comunismo o un nacionalismo de corte fascista, reducen sus posibilidades de tener una vida decorosa en su propio territorio o no cubren sus necesidades fundamentales no satisfechas y padecen de: desempleo, deuda externa, hiperinflación, miedo por inseguridad, eufemismos, violencia, marginación y exilio. Esa es la situación en que se encuentran Cuba, Venezuela, Nicaragua y posiblemente Argentina, de continuar por la senda elegida en el 2019.

Melanismo Industrial

La teoría de la selección natural es difícil de comprobar, sin embargo, existen algunas pruebas experimentales, como la del melanismo industrial, que permiten observar cómo opera la selección con varias especies de lepidópteros (Popper: 1995, 257). Darwin, lo descubrió en la polilla del abedul (Biston betularia). Durante el día, esta mariposa nocturna, descansa en troncos y ramas de árboles cubiertos de líquenes grisáceos y se mimetiza con ellos, ya que sus alas son jaspeadas y claras. También existen polillas obscuras llamadas ‘carbonarias’, para distinguirlas de la forma típica.

Michael Majerus, en su artículo de Springer Science (2008), “Industrial Melanism in the Peppered Moth, Biston betularia: An Excellent Teaching Example of Darwinian Evolution in Action” (Melanismo industrial en la polilla jaspeada Biston betularia: Un excelente ejemplo didáctico de evolución darwiniana en acción), expuso las investigaciones realizada por Bernard Kettlewell a mediados de la década del 50.
El primer ejemplar de polilla carbonaria se descubrió cerca de Manchester, en 1848 y era una rareza. Sin embargo, en 1895, casi 50 años después, el 95 por ciento de las polillas del abedul eran carbonarias, y en 1898 la proporción llegaba al 99 por ciento. Ese mismo proceso afectó a unas doscientas especies de zonas urbanas y se observó también en Westfalia y en las inmediaciones de Hamburgo (Figura 3).

Figura 3
Ejemplares de polilla jaspeada Biston betularia y su variante carbonaria

El primer ejemplar de polilla carbonaria se descubrió cerca de Manchester, en 1848 y era una rareza. Sin embargo, en 1895, casi 50 años después, el 95 por ciento de las polillas del abedul eran carbonarias, y en 1898 la proporción llegaba al 99 por ciento. Ese mismo proceso afectó a unas doscientas especies de zonas urbanas y se observó también en Westfalia y en las inmediaciones de Hamburgo.
Hay que destacar, que las polillas obscuras existían antes de la revolución industrial. Pero, dado que éstas se destacaban del fondo claro de los abedules, los pájaros las ubicaban con facilidad y se las comían. Esa situación mantuvo reducida la población de las formas melánicas y en consecuencia el gen mutado no podía imponerse.

Luego, con la contaminación industrial la corteza de los abedules se fue obscureciendo. Con ese cambio, las polillas jaspeadas claras contrastaban con el fondo obscuro de los árboles, permitiendo que los pájaros las ubicaran y se las comieran con facilidad.
Kettlewell estudió el fenómeno en Dorset y Birmingham, durante 1955 y 1956. Él conjeturó que los ejemplares obscuros ya existían antes de la industrialización y lo corroboró inspeccionando antiguas colecciones de mariposas. Luego, para probar la interpretación darwinista del fenómeno, realizó experimentos, como alimentar orugas de mariposas claras con hojas contaminadas con hollín y otros residuos industriales. Pero no tuvo ningún efecto, ya que después de reproducirse las polillas salieron claras y descartó el alimento como factor del cambio.
Luego, realizó cruzamientos que probaron que la herencia era mendeliana. Seguidamente se marcaron polillas claras y carbonarias, en una proporción de tres a uno y se liberaron en un bosque contaminado de hollín. Después de unos días, la proporción cambió a una relación de una clara por seis obscuras. Por otro lado, en un bosque sin contaminación, se soltaron ambos tipos de variedades marcadas en una proporción de uno a uno. En un lapso similar al del otro grupo, se capturaron en una relación de dos polillas claras por una obscura.
Además, se constató por observaciones realizadas en toda Gran Bretaña, que los pájaros se comían las polillas que más se destacaban sobre los troncos: las carbonarias sobrevivían más en ambientes contaminados con hollín y menos en los naturales, y con las polillas jaspeadas ocurría lo contrario. En conclusión, las polillas del abedul se adaptan mimetizándose con el medio ambiente para sobrevivir, las blancas en bosques naturales y las carbonarias en los contaminados con hollín (Majerus: 1999, 637-649). Adicionalmente, conviene aclarar que a partir de los años 60 comenzaron varias actividades de descontaminación en Inglaterra. Por ese motivo, los bosques actuales de abedules volvieron a tener una tonalidad clara, las carbonarias disminuyeron y volvieron a predominar las polillas jaspeadas.
En cuanto a la expresión ‘la supervivencia del más apto’ es sólo un rótulo que identifica una teoría. El rótulo informa que un proceso y el atributo de un objeto están relacionados en esa teoría. Por ese motivo es prácticamente irrefutable, porque sólo informa que dos

cosas están relacionadas. Pero, es conveniente tener en cuenta que, en esa teoría, ‘supervivencia’ y ‘apto’ son términos relacionales que se vinculan con los ciclos reproductivos y con el nicho ecológico, que están tácitos en el rótulo. En consecuencia, si la expresión ‘la supervivencia del más apto’ se complementa con esos elementos implícitos, se obtiene una explicación de los hechos, como la que obtuvo Kettlewell (Cuadrado y Salatino, 2017).

Después de las consideraciones anteriores, es pertinente señalar que Pierre Duhem (1906, 301) sostenía que “en Física una experiencia nunca puede condenar una hipótesis aislada, sino que refuta a todo el conjunto teórico”. Mientras que Williard Quine (1962, 76-78) en su artículo de 1951, “Dos dogmas del empirismo” sostiene que, dado un conjunto de proposiciones, el significado de cada proposición depende de todo el conjunto. Por ese motivo, no se puede considerar el significado de cada una por separado.

En efecto, cuando se considera la tesis de Duhem y Quine, la condición de la teoría como un todo estructurado y la indivisibilidad de su información, afloran los elementos teóricos tácitos de la expresión ‘la supervivencia del más apto’ y se completa una descripción que es refutable porque tiene contenido empírico. En pocas palabras y desde un punto de vista lingüístico, la estructura superficial de la expresión ‘la supervivencia del más apto’ parece tautológica. Sin embargo, deja de serlo cuando se analiza su estructura profunda, porque los elementos tácitos se hacen manifiestos, con lo que la expresión pierde su apariencia de trivialidad lógica o de criterio metafísico.

Resulta oportuno mostrar que el resultado obtenido de este problema también puede lograrse utilizando un análisis desde el punto de vista de la Lógica Transcursiva. Para ello y conviene aclarar que Salatino (2017, 231-233) distingue dos tipos de Patrones Autónomos Universales: a) los estructurales que son operativos con respecto a su estructura y, b) los funcionales que permiten operaciones funcionales de una manera independiente. Esto significa que los PAUs estructurales permiten contemplar aspectos funcionales, pero para poder hacerlo dependen totalmente de la estructura (Cuadrado y Salatino, 2017).

Los PAUs funcionales utilizan un tipo de operación denominada ‘híbrida’. Estas operaciones especiales se aplican a más de una dimensión, por ejemplo, para dos variables tendría dos operados

representados por los símbolos ‘↬’ y ‘↫’. Estos últimos representan la hibridación entre la disyunción exclusiva (⊕, xor) y la equivalencia (⊙, xnor), lo que significa que ambas operaciones se aplican en forma parcial, una por cada columna. Cabe aclarar que la disyunción exclusiva (⊕) va siempre del lado del giro y la equivalencia (⊙) siempre va del lado de la flecha.

↬ : ⊕ ⊙	Aplica ⊕ a la 1er columna y ⊙ a la 2da columna
↫ : ⊙ ⊕	Aplica ⊙ a la 1er columna y ⊕ a la 2da columna

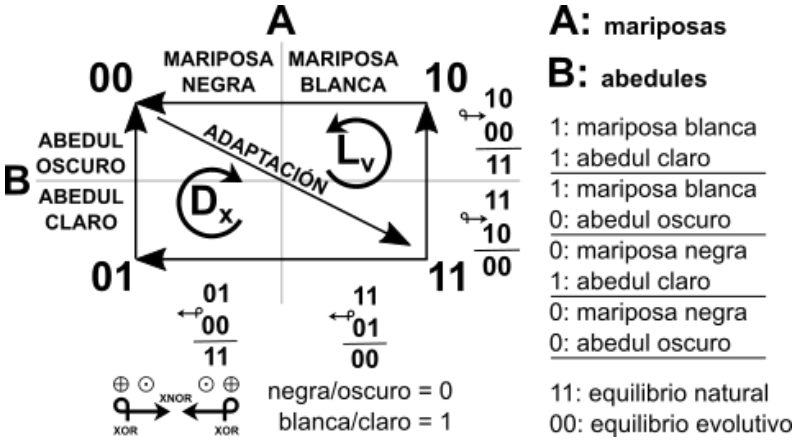
Basta con aplicar una u otra operación híbrida a los elementos involucrados en cada giro: 00, 01 y 11 en el giro dextrógiro y 00, 10 y 11 en el levógiro.
Estas operaciones híbridas resuelven el caso de la Biston Betularia. En este caso los subgrupos que constituyen los niveles de realidad representan polillas jaspeadas en abedules claros en equilibrio natural (11) y polillas carbonarias en abedules obscuros en equilibrio inestable de un ambiente contaminado (00) Las situaciones intermedias de adaptación, previas a alcanzar el equilibrio estable natural o el inestable de la contaminación, se corresponden con los códigos (01) y (10).
Se parte de una situación de equilibrio natural de polillas jaspeadas que dormían sobre troncos claros de abedul (11) como ocurría en Manchester en 1848. Al aumentar la contaminación, se pasó a una situación intermedia de desequilibrio. La población de Biston Betularia típica, que es clara, disminuyó porque las mariposas nocturnas dormían durante el día apoyadas en los troncos de los abedules oscuros por la contaminación y eran devoradas por los pájaros, dado que su silueta contrastaba con el tronco donde estaban apoyadas (10) (Figura 4).
El proceso de adaptación condujo a una situación de equilibrio evolutivo de la forma melánica que dormía sobre troncos obscuros (00). En efecto, Manchester, en 1898 se había constatado una mutación hacia la Biston betularia carbonaria, cuyo predominio era del 99%.
La situación opuesta a la anterior es la que se verifica actualmente, ya que se ven los resultados de los procesos de descontaminación

que realizó Inglaterra, a partir de 1960. Al comenzar la descontaminación, la situación de equilibrio era de polillas obscuras que duermen mimetizadas sobre troncos de abedules obscuros por la contaminación (00). En la medida que avanzó la descontaminación, los abedules perdieron sus cortezas obscurecidas y las reemplazaron por las naturales que son claras. En consecuencia, la población de las Biston betularia carbonarias pasó a una situación de desequilibrio de polillas obscuras que duermen sobre los troncos de abedul claros (01), quedando sin protección mimética contra los pájaros. Luego, con las iteraciones reproductivas y la actividad de los pájaros, las carbonarias disminuyeron y volvieron a predominar las polillas jaspeadas y claras, alcanzando nuevamente el equilibrio natural que existía en Manchester en 1848. Actualmente, en los bosques que estuvieron contaminados, predominan las polillas jaspeadas que duermen mimetizadas sobre los troncos de abedules claros (11).

La vía por la cual se alcanza el equilibrio evolutivo no importa. En ese sentido, por lo menos teóricamente, cabe la posibilidad de regresar al equilibrio natural luego de una readaptación. La dinámica de todo este cuadro evolutivo puede reproducirse mediante las operaciones respectivas representadas en la Figura, recordando que este esquema representa un PAU funcional, donde contrastan dos entidades, en este caso, mariposas y abedules.

Se puede observar que los resultados obtenidos con el análisis lógico-lingüístico son coincidentes con los que arroja el PAU funcional de la Lógica Transcursiva. Es más, esta última permite objetivar los estados estables, naturales o contaminados, y las situaciones intermedias de transformación entre ellos. Además, el resultado logrado con la Lógica Transcursiva refuerza la idea de que una teoría se enriquece con sus formas de representación, porque estas introducen otras manifestaciones comunicativas.

Figura 4
PAU estructural para el caso de la polilla jaspeada Biston betularia y su variante carbonaria



CONCLUSIONES

El replanteo de los conceptos de ‘subjetivo’ y ‘objetivo’ ayuda a reflexionar sobre los desempeños propios y ajenos, en particular en aquellos que estudian alguna ciencia.

La distinción ‘objetivo-subjetivo’, en el marco de las relaciones entre mundo 2 y mundo 3, puede impulsar la creatividad si se relaciona con efectuar descubrimientos en el mundo 3, lo que resalta la importancia de una formación sólida y amplia.

La Lógica Transcursiva es un instrumento riguroso que permite encontrar nuevas razones de significación, porque permite recuperar los aspectos dinámicos y subjetivos de los fenómenos o situaciones estudiadas.

El patrón autónomo universal (PAU) estructural muestra que el proyecto político influye en la cultura de manera indirecta y recursiva y, su efecto se observa después de cierto tiempo en situaciones que se repiten periódicamente. Tal es el caso del asistencialismo, que en un principio parecen resolver un problema, pero al prolongarse su vigencia genera pobreza y marginación, ya que

afecta los hábitos y actitudes de la población a la que supuestamente favorecen. Sólo la educación puede potenciar los aspectos positivos y contrarrestar las situaciones negativas de una cultura, modificando las prácticas y comportamientos de las personas.

La vía por la cual se alcanza el equilibrio evolutivo no importa. Cabe la posibilidad teórica de regresar al equilibrio natural luego de una readaptación. La dinámica de este proceso evolutivo puede reproducirse mediante las operaciones respectivas representadas en un PAU funcional, donde contrastan dos entidades, en el caso tratado, mariposas y abedules.

El estudio de problemáticas usando Lógica Transcursiva permite articular el conocimiento personal, tácito, de las experiencias personales con el marco del conocimiento conceptual formalizado y potenciando la creatividad y la producción intelectual del sujeto que investiga.

REFERENCIAS

Agazzi, E. (1978). *Temas y problemas de filosofía de la física.* Herder.

Bochenski, J. M. (1949). *La filosofía actual*. Fondo de Cultura Económica.

Cuadrado, G. & Salatino, D. (2017). Quasi-Tautologies: The Case of the Birch Moth. *International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(3), 53-59. DOI:10.5281/zenodo.1315325.

Duhem, P. (1906). *La Théorie physique. Son objet et sa structure*. Chevalier & Rivière.

Hanson, N. R. (1977). *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Alianza

Hayek, F. (1955). *The Counter-Revolution of Science. Studies on the Abuse of Reason*. The Free Press of Glencoe, Collier-Macmillan Limited.

Majerus, M. E. N. (2009). Industrial Melanism in the Peppered Moth, Biston betularia: An Excellent Teaching Example of Darwinian Evolution in Action. *Evolution: Education and Outreach, 2*, 63–74. https://doi.org/10.1007/s12052-008-0107-y.

Moulines, C. U. (2001). Manifiesto nacionalista (o hasta separatista, si me apuran). *Diánoia*, *Año XLVI* (46), 81–107.

Popper, K. R. (1974). *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista* (Trad. Carlos Solís Santos). Tecnos. (Trabajo original publicado en 1972).

Popper, K. R. (1991). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico* (Trad. Néstor Míguez & Rafael Grasa). Ediciones Paidós. (Trabajo original publicado en 1963).

Salatino, D. R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales: análisis semiótico de la emergencia psico-bio-socio-cultural como método de observación del lenguaje natural* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Cuyo]. https://bibliotecas.uncuyo.edu.ar/explorador3/Record/OLESID060400#details

Salatino, D. R. (2012). *Aspectos psico-bio-socio-culturales del lenguaje natural humano. Introducción a la teoría psíquica del lenguaje.* Desktop Publishing.

Salatino, D. R. (2017c). *Tratado de Lógica Transcursiva. El origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva*. Editorial Académica Española

van Orman Quine, W. (1962). Dos dogmas del empirismo. En W. van Orman Quine (Ed.). *Desde un punto de vista lógico* (Trad. Manuel Sacristán) (pp. 76-78). Ariel.

Von Uexküll, J. (1926). *Theoretical Biology*. K. Paul, Trench, Trubner & co. ltd., Harcourt, Brace & company, Inc.

* * *

APLICACIONES E INVESTIGACIONES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

¿REVOLUCIÓN O EVOLUCIÓN CIENTÍFICA EN EL SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS?

Carlos Rodolfo Vergne[1]

[1]Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo.

rvergne@fcai.uncu.edu.ar

Resumen: El propósito de este trabajo es reflexionar sobre los cambios teóricos en la formación de la tabla periódica desde la perspectiva de Thomas Kuhn. Hay asunciones o supuestos filosóficos, ontológicos y gnoseológicos, al enseñar contenidos científicos. La filosofía de la ciencia los explicita y colaboran a su enseñanza y comprensión. El aporte de Kuhn a la filosofía de la ciencia sigue siendo reconocido y resignificado en la actualidad. Las nociones de paradigma o matriz disciplinar, comunidad científica e inconmensurabilidad son claves para entender los cambios teóricos durante la ciencia normal y los cambios de teoría en las revoluciones científicas. El sistema periódico de los elementos químicos es uno de los principales contenidos de la formación común de las ciencias empíricas. Recientemente algunos historiadores y filósofos de la química argumentan que el cambio del uso de peso atómico por número atómico para el ordenamiento del sistema periódico de elementos es un caso de revolución kuhniana. Analizaremos si se trata de un cambio de paradigma o un cambio dentro de un paradigma. Proponemos que se trata de una evolución teórica que mantiene la continuidad dentro de la ciencia química normal, y una revolución teórica entre las físicas clásica y cuántica.

Palabras claves: sistema periódico, elemento químico, Thomas Kuhn, cambios teóricos

INTRODUCCIÓN

La tabla periódica de los elementos es el principal símbolo cultural de la química. Está presente en las aulas de ciencia y de ingeniería. Brinda información fundamental sobre los elementos constitutivos de la materia. Los ordena y clasifica buscando una correlación con sus propiedades químicas y físicas. La distribución gráfica en filas y

columnas muestran que cada cierto intervalo se observa una repetición de sus propiedades. Es lo que se conoce como ley periódica. Muchos científicos a través de un largo proceso contribuyeron a la formación de la tabla periódica y a la teorización sobre las causas de esa periodicidad.

En este trabajo haremos una reflexión sobre ese proceso de teorización desde la filosofía de la ciencia. Lo haremos desde la perspectiva epistemológica de Thomas Kuhn, porque es considerado como el principal epistemólogo que incorpora perspectivas históricas, sociológicas y pragmáticas de la ciencia, integrándolas a las perspectivas lógicas y lingüísticas de la concepción heredada.

Wray (2018) propone que cuando los químicos del siglo XX cambiaron el criterio para identificar al elemento químico de peso atómico a número atómico, se produjo un "caso de libro" de revolución kuhniana. En una contribución reciente de Eric Scerri (2021) a una publicación colectiva sobre Kuhn editada por Brad Wray, se analiza el cambio teórico detrás de la noción de elemento y su repercusión en la constitución de la tabla periódica. En primer lugar, presentaremos los principales componentes de la filosofía de la ciencia de Kuhn. En segundo lugar, presentaremos el análisis de Wray y Scerri sobre la noción de elemento químico desde la perspectiva kuhniana. Finalmente, concluiremos sobre posibles relaciones entre los cambios teóricos en química y los cambios teóricos en física.

LOS CAMBIOS EN LA CIENCIA SEGÚN EL PRIMER KUHN

Las ideas principales de Thomas Kuhn (2004) sobre los cambios científicos recurre a la noción de *paradigma* y *revolución científica* como cambio de paradigma. Si bien nunca terminó de definir la noción de paradigma de modo satisfactorio, al punto de abandonarla y volver a la noción de *teoría*, en la Posdata de 1969 la asocia al concepto de *cosmovisión* y de *modelo* compartidos por una comunidad científica:

> *Por un lado, [paradigma] hace alusión a toda la constelación de creencias, valores, técnicas y demás, compartidos por los miembros de una comunidad dada. Por*

> *otro, denota un tipo de elemento de dicha constelación, las soluciones concretas a rompecabezas que, usadas como modelos o ejemplos, pueden sustituir a las reglas explícitas como base para la solución de los restantes rompecabezas de la ciencia normal.* (Kuhn, 2004, 292).

Cuando un paradigma está vigente, se desarrolla la ciencia normal. Los problemas o enigmas son resueltos tarde o temprano dentro del paradigma. Cuando un problema no es resuelto por el paradigma, constituye una anomalía. Las anomalías pueden provocar la crisis del paradigma vigente. Puede surgir una propuesta distinta, alternativa que resuelva la anomalía, pero puede o no ser aceptada por la comunidad científica. Finalmente, puede ocurrir que dicha comunidad abandone el paradigma vigente y acepte el nuevo y se produzca una revolución científica como cambio de paradigma y se establezca una nueva ciencia normal.
El motivo por el cual la comunidad cambia de paradigma no siempre se asocia a criterios racionales o científicos. Además, los paradigmas son inconmensurables, es decir, no hay criterio fuerte por fuera de los paradigmas, que permita evaluar la verdad o falsedad de los paradigmas. Estos dos motivos han hecho que Kuhn sea considerado como un filósofo de la ciencia irracionalista.

LOS CAMBIOS EN LA CIENCIA SEGÚN EL ÚLTIMO KUHN

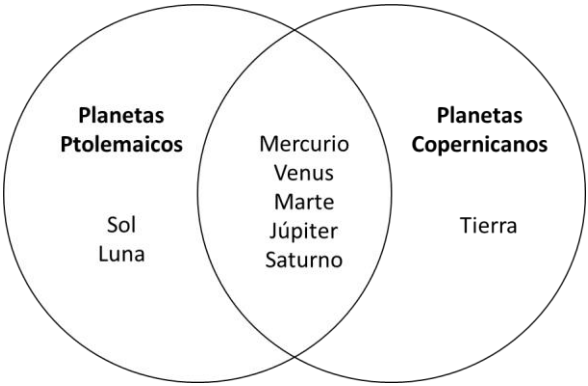
Cuando se habla de “revolución kuhniana clásica”, hay que distinguir entre el 1° Kuhn o el último Kuhn. Han sido tantos los comentarios y las críticas a las ideas de Kuhn, que hicieron que el mismo Kuhn revisara y modificara muchos de sus puntos de vista. Y aún hoy, continúan los trabajos y comentarios sobre su obra (Calderón, 2010; Bird, 2000; Devlin & Bokulich, 2015; Richards & Daston, 2016; Wray, 2011, 2018, 2021). Kuhn revisó el significado del término paradigma hasta ser el trabajo de un grupo de científicos más restringidos. Se asoció la inconmensurabilidad con la incapacidad de los científicos de paradigmas opuestos para comunicarse entre sí. También revisó la noción de “revolución científica” y se centró en el lenguaje que hablan los científicos y los cambios de léxicos dentro de una misma teoría.

> *Pero parece que cualquiera que sea la definición que empleemos, sigue siendo cierto que la dicotomía ciencia normal versus ciencia revolucionaria no puede hacer justicia a la variedad de episodios de la ciencia. La terminología de Kuhn da una sensación artificial de que hay dos tipos de cambio científico bastante distintos. La reflexión sobre esta variedad sugiere que la distribución de episodios no es bimodal, sino que muestra un mayor grado de continuidad, siendo los casos intermedios no especialmente menos frecuentes que los extremos*. (Bird, 2000, 54).

Las teorías son léxicos científicos, "*un vocabulario científico que ordena los conceptos relevantes de formas específicas, con relaciones muy precisas entre conceptos*" (Wray, 2018: 210). Para explicar su visión revisada de la inconmensurabilidad y el nuevo sentido de las revoluciones científicas en términos de cambios en el léxico, Kuhn también propuso su principio de no superposición en el curso de un discurso pronunciado a la Asociación de Filosofía de la Ciencia en 1990 (Kuhn 1990). Según Kuhn hay revolución si no hay "superposición" entre dos términos, como el término "planeta", tal como lo utilizaban los astrónomos ptolemaicos y copernicanos respectivamente. Para Ptolomeo y sus seguidores, el Sol era considerado un planeta en vista de su aparente movimiento errante en el cielo. Por otro lado, la Tierra no estaba considerado como un planeta. Para Copérnico y sus partidarios, fue al revés, ya que el Sol no se consideraba un planeta mientras que la Tierra sí lo era. La intersección de los dos conjuntos contiene los cuerpos celestes que ambos grupos de astrónomos considerados planetas. En el sentido cotidiano de la palabra, se podría decir que existe una superposición considerable entre los miembros de estos dos conjuntos de cuerpos celestes. Los casos problemáticos claramente consisten en el Sol, la Tierra y la Luna. Parecería indicar una falta de superposición completa ya que la clase de término involucrado en la taxonomía sólo puede estar en dos relaciones, a saber, la exclusión o la inclusión. La superposición parcial entre clases contrastantes está prohibida en el sentido de que algo es un planeta o una estrella, pero no ambos (fig.1).

Figura 1

Comparación de la extensión del término "planeta" en la teoría ptolemaica y la teoría copernicana. Ambos grupos de astrónomos consideraban a Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno como planetas.



EL CAMBIO DE CONCEPTO DE ELEMENTO COMO REVOLUCIÓN CIENTÍFICA

Wray (2018) ha publicado una defensa de la noción de revolución científica de Kuhn al proponer una posible nueva revolución que se refiere a cómo los químicos del siglo XX cambiaron el criterio para identificar un elemento químico de peso atómico a número atómico. Afirma que la química se sometió a un cambio significativo en la teoría en el siglo XX y que este representa un "*caso clásico de una revolución kuhniana de libro de texto*" (Wray 2018:209). Al hacerlo, Wray se refiere a lo que él llama una "*nueva comprensión conceptual de lo que es ser un elemento* ".

> *[e]l objetivo de este artículo es proporcionar un análisis del descubrimiento del número atómico y sus efectos sobre la química. El documento tiene como objetivo mostrar que esto es un caso clásico de libro de texto de una revolución científica kuhniana. El análisis sirve a dos propósitos. Primero, proporciona otro caso de una revolución kuhniana,*

> *por lo tanto, ofrece apoyo a la teoría del cambio científico de Thomas Kuhn, que ha sido objeto de críticas de forma continua* (Wray 2018: 209).

Asocia este cambio con lo que interpreta como una anomalía kuhniana. Wray se refiere al hecho de que ciertos pares de elementos, como telurio y yodo, y cobalto y níquel, se ordenan incorrectamente si se usa el peso atómico, mientras que caen en una secuencia químicamente correcta si se utiliza número atómico en su lugar.

> *Gran parte del aparato asociado con la noción anterior de cambio de teoría revolucionaria relacionada con el paradigma se mantuvo en el modelo de cambio de teoría de cambio léxico desarrollado más recientemente por Kuhn. Por ejemplo, continuó creyendo que las anomalías desempeñaban un papel crucial en el proceso de cambio científico que finalmente condujo a cambios revolucionarios de teoría*". (Wray 2018: 212)

La otra anomalía que analiza Wray se refiere al descubrimiento de los isótopos, es decir, formas del mismo elemento que tienen diferentes pesos atómicos. Cuando los isótopos se descubrieron, representaban una especie de amenaza existencial para la tabla periódica porque parecía como si el número de elementos proliferaban muy rápidamente y de ninguna manera estaba claro dónde, si es que lo hacían, deben acomodarse en la tabla periódica. Situación que se resuelve cuando se identifica con el número atómico. Voght (2017) también opina que el cambio en la definición de elemento que ocurrió como resultado del trabajo de Van der Broek y la crisis de los isótopos fue radical y que constituyó una revolución científica:

> *"La resolución de esta "crisis de isótopos" durante los primeros veinticinco años del siglo XX tuvo todos los conocimientos científicos, históricos y complejidades políticas de una revolución científica ... Después de esta revolución científica, los químicos nunca vieron la*

naturaleza en el nivel microfísico como antes". (Vogt 2017:108)

Si bien Wray es un especialista en Kuhn, no queda claro si entiende el cambio de la noción de elemento como revolución en el sentido del primer Kuhn o del último.

EL CAMBIO DE CONCEPTO DE ELEMENTO COMO EVOLUCIÓN TEÓRICA

Scerri (2021) difiere de Wray. Para él, no se trata de una revolución científica en el sentido del primer Kuhn ni del último. El número atómico es un descubrimiento científico cuyas bases teóricas fueron sentadas por el economista y científico aficionado holandés Anton Van den Broek, mientras que la confirmación experimental fue proporcionada por el físico inglés Henry Moseley. Este último ordenó la tabla periódica de Mendeleev, que estaba ordenada por el peso atómico, por el número atómico. De ese modo se resolvió las anomalías de la ubicación de algunos elementos y el problema de los isótopos. Pero no llegó a provocar un cambio radical en la química sino en la física. "*El cambio teórico que estaba tomando lugar a principios del siglo XX fue más bien el abandono de la mecánica clásica a favor de la mecánica cuántica*".

Según Scerri (2021), el cambio del uso del peso atómico por el número atómico para ordenar los elementos es un cambio de enfoque de todo el átomo (peso atómico) a sólo el número de protones (número atómico) en lugar de un cambio teórico.

En cuanto a las anomalías del orden de pares de elementos, el peso atómico no ordena bien al telurio y al yodo, y el cobalto y níquel, pero si el número atómico. Para Scerri son casos de anomalías en sentido general, pero no kuhniana. Las anomalías fueron reconocidas por la comunidad química en su momento y no fueron excesivamente problemáticas. No eran anomalías urgentes. No hubo discusiones virulentas, ni resistencias, ni crisis, ni cambio radical. Además, solo hay 4 anomalías, incluso la actual del lugar 118, el argón y el protactinio. Las anomalías de inversión de pares de ciertos elementos no son kuhnianas. Se resolvieron sin cambio teórico. Los químicos sabían el lugar correcto y encontraron una base física con el número atómico. La tabla periódica no ha tenido un cambio sustancial antes y después del número atómico.

La resolución de la anomalía de los isótopos, para otros autores tampoco fue un cambio radical. Si bien sirvió para reconceptualizar la noción de elemento y permitir el descubrimiento de elementos faltantes y la síntesis de elementos artificiales, esto se debió fundamentalmente al empleo de nuevas tecnologías de laboratorio.

El doble sentido del concepto de elemento

El tema central del cambio de comprensión del elemento definido por el número atómico en vez del peso atómico es la discusión de la filosofía de la química del doble sentido del término “elemento” (Scerri, y Ghibaudi, 2020):

- *Sustancia simple*, última etapa en composición química de un compuesto (definido por Lavoisier). Tiene un sentido empírico. Esta definición sí influyó en la revolución química moderna.
- *Sustancia básica*, sustancia fundamental que subyace a todas las propiedades observables que un elemento manifiesta como sustancia simple. Es también la que subyace cuando las sustancias simples forman compuestos. Por ejemplo, el cloruro de sodio no contiene cloro y sodio como sustancias simples sino como sustancias básicas. Tiene un sentido abstracto, metafísico, ya que no posee ninguna propiedad observable. Su única propiedad es el peso atómico. La tabla periódica de Mendeleev es una clasificación de elementos como sustancias básicas y no sustancias simples.

> *Es útil en este sentido hacer una clara distinción entre la concepción de un elemento como una sustancia homogénea separada, y como un material, pero parte invisible de un compuesto. El óxido de mercurio no contiene dos simples cuerpos, un gas y un metal, sino dos elementos, mercurio y oxígeno, que, cuando están libres, son un gas y un metal. Ni el mercurio como metal ni el oxígeno como un gas están contenidos en el óxido de mercurio; solo contiene la sustancia de los elementos, al igual que el vapor solo contiene la sustancia del hielo, pero*

> *no el hielo en sí, o como el maíz contiene la sustancia de la semilla, pero no la semilla en sí.* (Mendeleev 1891: 23. Citado por Scerri, 2021:136, traducción propia)

Le sirvió a Mendeleev para explicar que los únicos alótropos conocidos del carbono, diamantes y grafitos, tienen la misma posición en la tabla periódica, aunque difieren en sus propiedades observables. A partir del concepto de elemento como sustancia básica de Mendeleev y el número atómico de Moseley, Paneth proporcionó el fundamento filosófico y conceptual para la nueva definición oficial de elemento de la IUPAC en 1920, que resolvió el problema de los isótopos. No es un cambio de léxico sino una reinterpretación y racionalización de los isótopos que se estaban descubriendo.

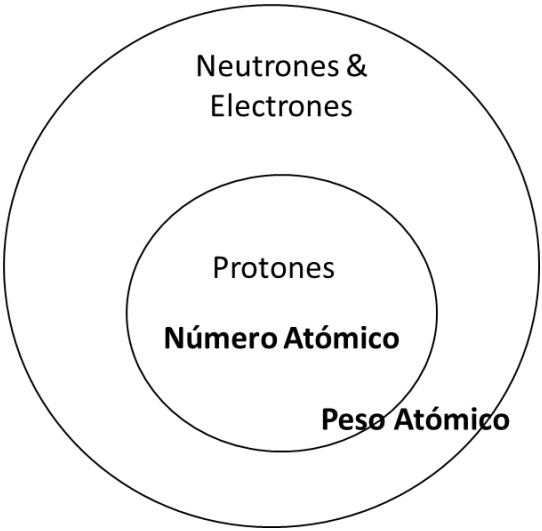
El principio de no superposición

Wray utiliza el principio de no superposición de Kuhn para argumentar que el cambio de definición de un elemento representa una revolución científica. Si el elemento se define por el peso atómico, los isótopos son incompatibles con la posibilidad que dos muestras del mismo elemento tuvieran diferentes pesos atómicos. Sería cada uno un elemento distinto.

Para Scerri (2021), no es un caso análogo al cambio de léxico de “planeta” entre Ptolomeo y Copérnico: cualquier sustancia que tenga un peso atómico también tiene un número atómico. Ontológicamente el número atómico está contenido en el peso de cualquier isótopo. El número atómico está asociado solo con los protones de un átomo, mientras que el peso atómico se debe al número de protones, neutrones y electrones. La definición moderna de elemento es una especificación de la misma entidad ontológica. No hay una superposición completa en el caso de los planetas, no así con elemento, hay una implicación (Fig. 2). Para hacer frente a los isótopos, los científicos afinaron el enfoque y su definición. Al hacerlo, no fueron excluidas entidades. Siempre se es un elemento.

Figura 2

Diagrama de Venn de la relación entre número atómico y peso atómico. El número atómico (protones) está completamente contenido dentro del peso atómico (protones más neutrones y electrones) para cualquier isótopo en particular.



CONCLUSIONES

El cambio en el léxico del uso del peso atómico al uso del número atómico para definir elemento no constituye una revolución kuhniana, ni clásica ni en el sentido del último Kuhn. El cambio teórico que estaba tomando lugar a principios del siglo XX fue más bien el abandono de la mecánica clásica a favor de la mecánica cuántica. Es decir, tenemos una revolución científica en la física del siglo XX, pero no en la química.

Para la identidad de una teoría, como paradigma/matriz disciplinar, hay componentes importantes más allá del léxico como, por ejemplo, las leyes. No hay mención a la ley periódica que forma parte de la identidad de la tabla periódica, que es su representación. Pero llegaríamos a la misma conclusión, las propiedades físicas y químicas de los elementos son una función periódica de su peso/número atómico. El núcleo teórico de la tabla periódica se ha

especializado del peso al número atómico: para dar cuenta y resolver las anomalías, como la inversión de algunos pares de elementos y los isótopos.

Son importante los abordajes filosóficos de las teorías científicas desde corrientes que ofrezcan buenas herramientas para la reflexión. En la filosofía de la ciencia permanece vigente el enfoque kuhniano que puede ayudar a integrar los aportes de otras corrientes. Puede ser útil para analizar cambios diacrónicos y sincrónicos de las teorías empíricas, como así también las relaciones entre teorías y disciplinas y los problemas de la reducción.

También es útil para la educación científica y formación de profesores de ciencia, científicos y tecnólogos. A Kuhn le interesa cómo se forma la comunidad científica en la ciencia normal, no solo las revoluciones científicas. Para él, los libros de texto, el manual, las instituciones educativas, forman en el paradigma a los científicos y científicas. Pero se queja que los libros de textos y programas presentan las teorías sin enfoques históricos y filosóficos. El aporte de Kuhn (o la filosofía de la ciencia en general) a la comprensión de la naturaleza de la ciencia, no ha impactado en la bibliografía y programas de estudios de formación de la comunidad.

REFERENCIAS

Calderón, J. E. (2010). “The Double Interpretation of the Incommensurability Thesis”. En M. Torres (Ed.). *On Kuhn's philosophy and its Legacy* (p. 39- 63). Center of Philosophy of Science of the University of Lisboa.

Bird, A. (2000). *Thomas Kuhn.* Princeton University Press.

Devlin, W. J., & Bokulich, A. (Eds.). (2015). *Kuhn’s Structure of Scientific Revolutions-50 years on* (Vol. 311). Springer Science+Business Media B.V.

Kragh, H. (2000). Conceptual Changes in Chemistry: The Notion of Chemical Elements, ca. 1900–1925. *Studies in History and Philosophy of Physics, 31*, 435–450.

Kuhn, T. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas* (A. Contín, Trans.). Fondo de Cultura Económica. (Trabajo original publicado en 1962)

Kuhn, T. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas* (A. Contín, Trans.). Fondo de Cultura Económica. (Trabajo original publicado en 1962)

Kuhn, T. (2001). *El camino desde la estructura: Ensayos filosóficos 1970-1993, con una entrevista autobiográfica* (A. Beltrán Mari, Trans.). Paidós Ibérica. (Trabajo original publicado en 2000)

Richards, R. J., & Daston, L. (2016). *Kuhn's structure of scientific revolutions at fifty*. University of Chicago Press.

Scerri, E. R. (2021). Reassessing the Notion of a Kuhnian Revolution. What Happened in Twentieth-Century Chemistry? En K. Brad Wray (Ed.), *Interpreting Kuhn: Critical Essays*, Vol. 125, 125-141. Cambridge University Press.

Scerri, E. R. y Ghibaudi, E. (2020) *What is an Element.* Oxford University Press.

Wray, K. B. (2011). *Kuhn's evolutionary social epistemology*. Cambridge University Press.

Wray, K. B. (2018). The Atomic Number Revolution in Chemistry: A Kuhnian Analysis. *Foundations of Chemistry: Philosophical, Historical, Educational and Interdisciplinary Studies of Chemistry, 20(3)*, 209–217. https://doi.org/10.1007/s10698-017-9303-6

Wray, K. B. (Ed.). (2021). *Interpreting Kuhn: Critical Essays*. Cambridge University Press.

* * *

MODELO CUÁNTICO UNIDIMENSIONAL DEL COEFICIENTE DE DIFUSIÓN EN LOS PROCESOS DIFUSIVOS

Raúl C. Pérez[1]; Josefina Huespe[1]; Noelia Robles[1]

[1]Grupo IEMI. Facultad Regional Mendoza. Universidad Tecnológica Nacional
rcperezi@gmail.com; josefina.huespe@gmail.com

Resumen: Los procesos de difusión están presentes en numerosos fenómenos que ocurren en la naturaleza; se pueden citar a modo de ejemplo la difusión de vapor de agua en las gotas de nubes, los procesos de alimentos, especialmente en la industria de las conservas, el impacto de la lluvia ácida al penetrar en los suelos, en la vegetación, especies animales, materiales de la construcción, etc. El estudio de estos procesos de transporte, son importantes en amplias áreas del conocimiento y sus aplicaciones tecnológicas, aportando soluciones a muchas de las problemáticas que presentan. Dentro de esta área de la investigación, el coeficiente de difusión juega un rol importantísimo en estos procesos, debido que él es el que posee las características y propiedades, tanto del material difusor, como el de la sustancia que se difunde; siendo preponderante su estudio para poder intervenir artificialmente sobre los procesos de difusión cuando se desea una mayor eficiencia de sus resultados. Para su estudio analítico teórico, es práctica común la resolución de las ecuaciones de Fick, donde el coeficiente de difusión D, es un parámetro de importancia central. La semejanza existente entre la segunda ecuación de Fick de la difusión con la ecuación de Schrödinger del movimiento de las partículas de la mecánica cuántica, animan a utilizar los conceptos y formulaciones de la mecánica cuántica para desarrollar un nuevo y distinto abordaje en el estudio de la difusión desde otra óptica, especialmente en la determinación del coeficiente de difusión. Este es el desafío del presente trabajo, lograr mayor conocimiento inédito sobre estos procesos.

Palabras claves: difusión. Coeficiente de difusión. Mecánica cuántica. Barrera de potencial.

INTRODUCCIÓN

Generalmente se conoce como difusión, al movimiento térmico de toda partícula (líquido o gas), a determinada temperatura, que produce un flujo neto de moléculas de una región de mayor concentración a una de menor concentración, por la diferencia de presión existente entre ambos. La velocidad de este movimiento es una función de la temperatura, la viscosidad del fluido y el tamaño (masa) de las partículas. Cuando las concentraciones son iguales, las moléculas continúan moviéndose, pero como no existe un gradiente de concentración, o mejor dicho, el valor del gradiente de presión es cero, y el proceso de difusión molecular cesa. En cambio, el movimiento se rige por el proceso de equilibrios de auto difusión, debido al movimiento aleatorio de las moléculas. El resultado de la difusión es una mezcla gradual de materia, de forma tal que la distribución de las moléculas es uniforme.

Dado que las moléculas aún están en movimiento, pero bajo una situación de equilibrio, el resultado final de la difusión molecular se denomina "equilibrio dinámico". En una fase con temperatura uniforme, en la cual, la suma de las fuerzas externas que actúen sobre las partículas es cero, en consecuencia, el proceso de difusión eventualmente resultará en una mezcla uniforme completa. Si se consideran dos sistemas; S1 y S2 a la misma temperatura y capaces de intercambiar partículas. Cuando existe un cambio en la energía potencial de un sistema; por ejemplo $\mu 1 > \mu 2$ (μ es potencial químico) se producirá un flujo de energía desde S1 hasta S2, porque todos los sistemas naturales tienden siempre a las situaciones de menor energía y máxima entropía (Maldonado et al 2003, 2013-2014). La difusión molecular suele formalizarse matemáticamente utilizando las leyes de difusión de Fick.

Estas leyes sobre los procesos de difusión son de naturaleza cuantitativas, representadas formalmente por una ecuación diferencial (ecuación 2), que describen matemáticamente al proceso de difusión de materia o energía en un medio en el que inicialmente no existe equilibrio químico o térmico. Reciben su nombre del médico y fisiólogo alemán Adolf Fick (1829-1901), que fue quien las estableció en el año 1855.

Primera ley de Fick

Esta ley relaciona al flujo difusivo perpendicular a un área determinada, con la concentración, bajo la asunción de un estado estacionario. Postulando que el flujo va desde una región de alta concentración a las regiones de menor concentración, con una magnitud que es proporcional al gradiente de concentración, o, en otros términos, establece el concepto de que el soluto se moverá desde una región de alta concentración a una de más baja concentración en la dirección del gradiente de concentración. En tal situación, la ley toma la forma mostrada en la Ecuación 1 (Levich, 1979; Beiser, 1970):

$$J = -D\nabla C \qquad (1).$$

Donde:

- *J* es el flujo de difusión de partículas perpendicular a cierta área de interés de estudio.
- *D* representa el coeficiente de difusión del material en que se difunde el fluido de estudio.
- ∇C es el gradiente de concentración de la substancia que se difunde.

Segunda ley de Fick

Bajo los mismos conceptos establecidos para la primera ley de Fick, pero operando matemáticamente, bajo las condiciones de conservación de la masa en cualquier reacción química, se obtiene una nueva expresión matemática para esta ley como la expresada en la Ecuación 2:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\nabla^2 C \qquad (2).$$

Esta formulación matemática es más útil para obtener sus soluciones, a partir de la determinación de condiciones iniciales y contorno determinadas por mediciones empíricas. Una cuestión interesante a tener en cuenta es que la ecuación diferencial de Schrödinger de la Mecánica Cuántica para una partícula que se mueve libremente puede escribirse como se muestra en la Ecuación 3:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{i\hbar}{2m} \nabla^2 \Psi \qquad (3).$$

Como se puede apreciar, existe una completa analogía en la expresión matemática entre la concentración de partículas en un punto determinado a un tiempo dado, con la ecuación de Schrödinger, que ofrece como solución la ecuación de onda, cuyo valor al cuadrado, dará el valor más probable de que las partículas se encuentren en un punto dado en un instante de tiempo determinado. Esta analogía abre una puerta importante para abordar el estudio de los fenómenos de difusión desde el aparato conceptual y matemático de la Mecánica Cuántica. Este es el objetivo del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dada la similitud y analogía existente entre las ecuaciones de Fick y Schrödinger expuestas, permite utilizar los conceptos y aparato matemático de la Mecánica Cuántica para describir los procesos de difusión de las partículas.

Objetivos

- Abordar de una forma conceptual diferente el estudio de los fenómenos difusivos.
- Ampliar el área de conocimiento de los procesos de difusión, utilizando las herramientas que provee la Mecánica Cuántica

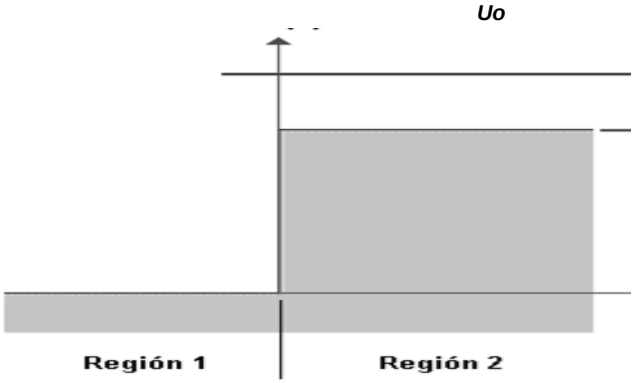
- Producir nuevo conocimiento inédito en el estudio del coeficiente de difusión.

Modelo unidimensional de la barrera de energía potencial

En una buena primera aproximación, se puede modelizar el fenómeno de la difusión como el caso en que cada partícula que compone el material que se difunde, debe penetrar una barrera de energía potencial promedio U_0 para poder ingresar al material correspondiente como muestra la figura 1.

Figura 1

Gráfico de la barrera de energía de potencial en función de la posición. En el origen de coordenadas (x=0) existe una barrera de potencial $U(x) = U_0$.



Desde un punto de vista de la mecánica cuántica, cada partícula tiene una cierta probabilidad de encontrarse en un instante dado en la región 1 anterior a ingresar, o en la región 2, dentro del elemento difusor una vez que atravesó la barrera. Esta probabilidad está dada por el cuadrado de la función de onda *y* correspondiente, solución de la ecuación de Schrödinger unidimensional que en este caso se toma como la dirección del eje coordenado *x* como muestra la Ecuación 4:

$$E\Psi = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi}{dx^2} + U(x)\Psi \qquad (4).$$

Donde *E* es la energía total de la partícula, *m* es la masa de cada partícula que intenta penetrar la barrera de potencial. Además, *ħ* es la constante de Planck dividida por 2p, cuyo valor es: $1{,}055.10^{-34}$Joule.S. Finalmente, *U(x)* es la energía potencial existente en una posición determinada *x*. La región 1 corresponde a la zona en que las partículas todavía no ingresan, y por lo tanto no han atravesado aún la barrera de energía potencial U_0; en este caso la energía potencial es nula, es decir *U(x)* = 0. La Ecuación (3) en la zona 1 con *x<1* entonces toma la forma mostrada por la Ecuación (5):

$$E\Psi = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi}{dx^2} \qquad (5).$$

Cuya solución se muestra por la Ecuación (6):

$$\psi(x) = A_1 e^{ikx} + B_1 e^{-ikx} \qquad (6).$$

Donde $k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$; A_1 es la fracción de partículas de la zona 1 que se mueven en dirección positiva del eje coordenado *x* hacia la barrera de potencial y B_1 la fracción de partículas de la zona 1 que luego de reflejarse en la barrera de potencial, invierten su dirección de movimiento en sentido negativo del eje *x*. La zona 2 *(x>0)*, es la región donde se encuentran las partículas que han atravesado la barrera de energía potencial, esta tiene el valor constante *U(x)* = U_0 = cte. En esta zona, la ecuación diferencial (3) toma la forma que muestra la Ecuación (7):

$$E\Psi = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi}{dx^2} + U_0\Psi \qquad (7).$$

Cuya solución se muestra por la Ecuación (8):

$$\psi(x) = A_2 e^{ik'x} + B_2 e^{-ik'x} \qquad (8).$$

Donde $k' = \sqrt{\frac{2m(E-U_0)}{\hbar^2}}$; A_2 es la fracción de partículas de la zona 1 que logran traspasar la barrera de potencial U_0 y se mueven en dirección positiva del eje coordenado x y B_2 la fracción de partículas de esta zona que invierten su dirección de movimiento en sentido negativo del eje x. Las condiciones de continuidad de la mecánica cuántica establecen que en la zona de la barrera debe existir continuidad de la función de onda $\psi(x)$, como así también de sus derivadas primeras respecto de la posición $\frac{d\psi}{dx}$. Es decir, que en $x=0$ se debe cumplir que:

$$\psi_1(0) = \psi_2(0); \text{ y } \frac{d\psi_1(0)}{dx} = \frac{d\psi_2(0)}{dx}$$

Aplicando estas condiciones a las ecuaciones (6) y (7) cuando E>0, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones dado por (8.a) y (8.b):

$$A_1 + B_1 = A_2 \qquad (8.a)$$
$$k(A_1 - B_1) = k' A_2 \qquad (8.b)$$

El coeficiente de transmisión *D,* que calcula la probabilidad de las partículas de atravesar la barrera de energía potencial respecto de toda la población que inciden sobre ella, está dado por la Ecuación (9) :

$$D = \frac{4k'k}{(k'+k)^2} \qquad (9)$$

El coeficiente de transmisión de la ecuación (9), debe interpretarse físicamente, en los procesos de difusión, como el coeficiente de difusión *D* que establece el número proporcional del total de partículas del elemento difusivo, que logran atravesar la superficie exterior del material, para penetrar y luego difundirse. Reemplazando las expresiones de *k* y *k´* en la Ecuación (9) y operando, se obtiene el mostrado por la Ecuación (10):

$$D = 4.\frac{\sqrt{E(E-U_0)}}{(2E-U_0)+2\sqrt{E(E-U_0)}} \qquad (10)$$

En el caso de estudio de los procesos difusivos, en la región 2, zona donde se desplazan las partículas que se difunden, $E - U_0$ representa la energía cinética con que se mueve cada partícula a lo largo del eje coordenado *x* adoptado, que según la termodinámica es igual $\frac{1}{2}.kT$ por grado de libertad de su movimiento. Donde *k* es la constante de Boltzmann, cuyo valor es $1{,}3806488.10^{-23}$ Joule/K; y *T* la temperatura en grados Kelvin a la que se encuentran las partículas en su movimiento. De la misma forma, por conservación de la energía se tiene que $E = 1/2kT + U_0$. Reemplazando estas dos relaciones en la ecuación (10), el coeficiente de difusión es igual a la expresión mostrada por la Ecuación (11):

$$D = 4.\frac{\sqrt{\frac{1}{2}\kappa T\left(\frac{1}{2}.\kappa T + U_0\right)}}{kT + U_0 + 2\sqrt{1/2.\kappa T\left(\frac{1}{2}.\kappa T + U_0\right)}} \qquad (11)$$

La ecuación (11) muestra que el coeficiente de difusión depende de la temperatura *T* en grados Kelvin a la que se producen los procesos y al valor de la barrera de energía potencial U_0 que deben vencer las partículas para poder penetrar. Encontrada esta importante relación, queda por establecer cómo determinar el valor de la barrera de la energía de potencial U_0 para poder calcular el coeficiente de difusión para cada caso que sea de interés estudiar.

RESULTADOS

Cálculo empírico del valor de la energía potencial U_0 de la barrera

Un método experimental para poder obtener el valor de la barrera de energía potencial U_0 es el siguiente:

Del sistema de ecuaciones (8) se obtiene la relación mostrada por la Ecuación (12):

$$k' = k\left(2\frac{A_1}{A_2} - 1\right) \qquad (12)$$

El valor de la relación $\frac{A_1}{A_2}$se puede calcular experimentalmente realizando a un tiempo determinado, las mediciones de la concentración de partículas en la sustancia en el interior de la región

2, y dividido por el valor de la medición correspondiente de la concentración de afuera en la región 1. Calculado este valor, siendo ahora un dato conocido, se puede operar la ecuación (12) para despejar el valor de la energía potencial U_0 de la barrera obteniendo las expresiones mostradas por las Ecuaciones (12.a) a (12.d) :

$$k' = 2k\frac{A_1}{A_2} - k = k(2\frac{A_1}{A_2} - 1) \quad (12.a)$$

$$k' = \sqrt{2mE}(2\frac{A_1}{A_2} - 1) \quad (12.b)$$

$$E - U_0 = E\left(2\frac{A_1}{A_2} - 1\right)^2 \quad (12.c)$$

$$U_0 = E\left[1 - \left(2\frac{A_1}{A_2} - 1\right)^2\right] = 1/2.\kappa T\left[\left(2\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 4\frac{A_1}{A_2}\right] \quad (12.d)$$

Finalmente se tiene la expresión mostrada por la Ecuación (13):

$$U_0 = 2\,\kappa T\frac{A_1}{A_2}\left[\frac{A_1}{A_2} - 1\right] \quad (13)$$

De acuerdo con la ecuación (13), se puede obtener el valor de la barrera de energía potencial U_0 en forma empírica, midiendo en un tiempo dado, la concentración A_1 de la sustancia que se difunde en la región 1, fuera del material difusor, y la concentración A_2 en el interior, y también como la ecuación lo indica, con la medida a la temperatura T a la que ocurre el proceso de difusión. Utilizando el resultado de la ecuación (13) en la ecuación (11); es posible obtener el valor aproximado del coeficiente de difusión D, utilizando los conceptos y ecuaciones de la mecánica cuántica.

CONCLUSIONES

El abordaje del estudio de los procesos de difusión a partir de los conceptos mecano-cuánticos abre una puerta inédita para los trabajos de investigación de estos procesos. Se ha desarrollado un modelo simple, pero es el principio de un nuevo camino por recorrer que permitirá profundizar sus conceptos, como así también, generar nuevas ideas sobre estos fenómenos.

REFERENCIAS

Beiser, A (1970). *Conceptos de Física Moderna*. Ed. Mc Graw-Hill

Levich, B. G. (1979). *Física Teórica. Mecánica Cuántica* (Vol. 3). Editorial Reverte.

Maldonado M.B., Pérez R.C & Pérez Iglesias, J. I. **(**2014). The Sodium Diffusion during the Debittering of Green Table Olives. Elliptical Coordinates Model**.** *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. *2*(4), 610-614. http://hdl.handle.net/11336/30492

Maldonado, M.B, & Pérez, R.C. **(**2014). A theoretical model of the diffusion process to spherical and isotropic fruits. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics*. 2(1).

Maldonado, M.B. & Zuritz, C.A. (2003). A model for diffusion of sodium in green olives at different temperatures and lye concentrations. *Journal of Food Process Engineering*. *26*(4), 339–356.

* * *

MODELADO BASADO EN AGENTES: RENDIMIENTO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN DE SU RED DE ABASTECIMIENTO

Hugo F. Tapia[1], Ricardo R. Palma[1], Raymundo Forradellas[1]

[1]CEAL – Instituto de Ingeniería Industrial- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO – FACULTAD DE INGENIERÍA.

hftapia@gmail.com

Resumen: En la Región de Cuyo Argentina las pérdidas en los proyectos producidas por el bajo rendimiento de su red de abastecimiento son aproximadamente y en promedio 3,8% en costos y 9,5% en tiempos. El trabajo consistió en diseñar un modelo predictivo del rendimiento en costo y tiempo del proyecto en función del nivel de servicio de la red de abastecimiento y su evolución por medio del aprendizaje simulado. La investigación se centró en un alcance explicativo utilizando como herramienta de simulación el modelado basado en agentes por medio del software libre NetLogo. Entre los aspectos más relevantes que surgen del estudio se puede decir que el modelado basado en agentes es una herramienta de aplicación incipiente en los proyectos de construcción. En este trabajo se comprobó cómo varían los rendimientos de costos y tiempos en función de la dispersión de los niveles de servicio de la red de abastecimiento. Además, se encuentran evidencias de cómo a través del aprendizaje simulado se puede mejorar el rendimiento de la red de abastecimiento, así como el de los proyectos. Esta investigación es un paso importante para gestionar la gobernanza por adaptación o diseño de las redes de abastecimiento de los proyectos.

Palabras claves: modelo; agentes; predictivo; rendimiento; redes; construcción.

INTRODUCCIÓN

A nivel global se determina que las pérdidas generales que se producen en los proyectos son aproximadamente del 10% (PMI, 2018). Internacionalmente parte de este bajo rendimiento de los proyectos de construcción se lo relaciona con la respuesta de la red de abastecimiento del proyecto (PSN). En el caso de la Región de Cuyo Argentina (RCA) las pérdidas producidas por el bajo rendimiento de la red de abastecimiento se estiman que son aproximadamente y en promedio 3,8% en costos y 9,5% en tiempos (H. Tapia et al., 2019). De la bibliografía publicada sobre cómo solucionar la falta de eficiencia de la cadena de suministro de la construcción (CSC), se pueden observar varias líneas de investigación y métodos aplicados. Entre uno de esos métodos y que aún no ha sido muy explorado se encuentra la aplicación del modelado basado en agentes (ABM).

Bajo este contexto se planteó el objetivo de diseñar un modelo predictivo del rendimiento en costo y tiempo del proyecto en función del nivel de servicio de la red de abastecimiento y su evolución por medio del aprendizaje simulado en la RCA, con la aplicación de modelado basado en agentes. El planteo de este objetivo tiene como fin encontrar parámetros que puedan ayudar a los tomadores de decisión en la búsqueda de la mejora de los rendimientos de la PSN de construcción y de esta manera a los proyectos asociados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Marco teórico

La herramienta de los ABM permite modelar agentes y sus comportamientos, lo cual se adapta al problema de las PSN donde los nodos y los recursos circulantes tienen diferentes actuaciones. En la actualidad se consideran a los proyectos como sistemas complejos, compuestos de numerosos componentes interactivos (individuos, organizaciones, proyectos, equipos) donde el comportamiento agregado es no lineal. Además, hay una reconceptualización de los proyectos como entidades dinámicas, inciertas y complejas compuestas de individuos con atributos (personas, organizaciones, etc.) y comportamientos únicos. Tal visión de la gestión de proyectos apoya el cambio en el campo; desde el enfoque clásico que enfatiza la optimización y agentes

racionalistas a uno que considera cuestiones de complejidad, incertidumbre, contexto social y organizacional y repensar la gestión de proyectos (RPM, rethinking project management) (Pires & Vieira, 2019).

Desde el punto de vista de los modelos, se busca predecir la ocurrencia de un evento. Los constructores del modelo extraen el conocimiento de los datos históricos y lo representan de tal forma que se pueda aplicar a nuevas situaciones; esto también se conoce como aprendizaje supervisado. Los datos históricos a partir de los cuales se construyen los modelos tienen resultados específicos asignados (Williams, 2011). El ABM es un método computacional que permite el diseño de agentes autónomos, heterogéneos e interactivos, que muestran cada uno sus propias metas y objetivos, y que generalmente son capaces de interaccionar entre sí y con su entorno (algunos pueden evolucionar). Esto lo realizan dentro de un ambiente "artificial", simulado. Bajo este concepto se puede sostener que un enfoque ABM puede proporcionar ventajas claves para comprender y explorar temas relevantes en la gestión de proyectos (Pires & Vieira, 2019).

La simulación es una herramienta para explicar cómo se comportan los indicadores de desempeño de la SC ante factores controlables y factores no controlables del entorno. Se plantea la simulación porque es costoso y poco práctico llevar a cabo esta simulación del SCM en la realidad. De esta manera se puede estudiar el desempeño del modelo y deducir las propiedades relacionadas con el desempeño real de la SC. El modelo debe representar adecuadamente la CSC (Chung, 2004). Siendo un método experimental, los ensayos pueden realizarse con diferentes valores de entrada y con varias estructuras de modelos de simulación (que representan varias políticas, etc.), consideradas como una caja negra (Campuzano & Mula, 2011). Cada cambio realizado en las variables de entrada requiere una solución separada o una serie de ejecuciones, se debe validar con el sistema real. La simulación no ofrece una solución cerrada, pero permite observar qué sucede con el resultado (análisis de sensibilidad) en términos de valores de entrada y estructura del modelo. La simulación se utiliza para analizar el sistema con el set de datos obtenidos del análisis

secundario y de esta manera tomar decisiones sobre el abastecimiento de recursos de la CSC (Chung, 2004).
De la bibliografía surge que los modelos basados en agentes son utilizados para estudiar las relaciones de los interesados en los proyectos, equipos o recursos. También se pueden establecer enfoques híbridos que integran el ABM con la dinámica del sistema, la simulación de eventos discretos, o los enfoques estadísticos, según sea lo más apropiado. Por ejemplo, un enfoque basado en ANT (Actor - Teoría de redes) mejora el análisis y la participación de las partes interesadas en un proyecto al poner en evidencia la naturaleza dinámica y emergente de las relaciones. Además, se demuestra que la naturaleza, los roles y las relaciones entre las partes interesadas evolucionan con la definición y trayectoria del proyecto, lo que puede ser utilizado para mejorar su rendimiento (Missonier & Loufrani-Fedida, 2014).
Entre los antecedentes de trabajos relacionados se pueden mencionar:

- Modelo basado en agentes (ABM) para mejorar el rendimiento de la CSC, a través de la coordinación de la CSC, y la teoría y negociación de atributos múltiples (Xue et al., 2005).
- Modelo de análisis de redes sociales para mejorar las relaciones interorganizacionales en redes, el intercambio de conocimientos en la SC y crear conocimientos específicos promoviendo la confianza y la motivación (Capó-Vicedo et al., 2011).
- Simulador de CSC-ABM, (humano-humano y de computadora-humano). Se verifica la importancia del intercambio de información en tiempo real en la construcción (Min & Bjornsson, 2008).
- Modelo de entropía relativa para mejorar la negociación ABM en CSC (Xue et al., 2009).
- ABM para investigar los comportamientos cooperativos. Se investiga la cooperación interfuncional en un proyecto EPC. El resultado ha demostrado que la Human Cooperative Behavioral Library. (HCBL – base de datos de

comportamientos típicos) facilita el desarrollo de los modelos ABM (Du et al., 2016).

En este trabajo el ABM se utilizará para modelar el comportamiento de la PSN y el efecto que estos actores (agentes) tienen sobre el rendimiento en costo y tiempo de los proyectos. Los agentes representarán a los recursos o los proveedores de los recursos, los cuales interactuarán según comportamientos establecidos.

METODOLOGÍA

El objetivo principal de este trabajo es lograr un modelo basado en agentes que represente el comportamiento de un proyecto en función de la red de abastecimiento y por medio del mismo establecer relaciones con el aprendizaje de los integrantes de la red. Para realizar la construcción del conocimiento se empleó un método hipotético-deductivo. Lo cual permite responder a los interrogantes planteados y analizar la certeza de las hipótesis formuladas para la RCA. En el estudio explicativo se trató de dar una respuesta a la validación o no de las hipótesis a través de la causalidad de la relación de variables por medio de métodos de simulación.

Hipótesis: A través del aprendizaje organizacional se puede disminuir la dispersión del nivel de servicio de los integrantes de una red de abastecimiento de proyecto y en consecuencia se produce una mejora en los indicadores de rendimiento de los proyectos. Para lo cual se plantearon dos fases:

- Búsqueda de antecedentes sobre modelos conceptuales que representen esta red y datos de parámetros de la red de abastecimiento.
- Simulación por medio de ABM, se realizaron dos etapas: una primera con características normales de comportamiento del proyecto y una segunda simulando agentes con aprendizaje.

En la hipótesis se mencionó que el problema se centra en la incertidumbre del rendimiento y el nivel de servicio de la CSC, la cual forma parte de uno de los principales riesgos de la construcción. Las evaluaciones cuantitativas de los riesgos de los proyectos requieren el uso de modelos de rendimiento de los

proyectos lineales o no lineales. Por ejemplo, el costo total del proyecto como uno de los indicadores más importantes del proyecto es simplemente la suma lineal de los costos del paquete de trabajo; del mismo modo, la duración del proyecto es la suma de las duraciones de las actividades en el camino crítico. Por otra parte, hay varios casos en que la evaluación cuantitativa del riesgo requiere modelos no lineales; por ejemplo, los modelos de costos paramétricos o los modelos basados en la productividad suelen ser no lineales (Damnjanovic & Reinschmidt, 2020). En muchos de estos casos resulta que la simulación Monte Carlo es el mejor, o incluso el único, método aplicable, especialmente cuando el modelo es: discontinuo, implica decisiones o no puede expresarse fácilmente en forma matemática cerrada.

Se debe tener en cuenta que ningún modelo puede representar perfectamente el mundo real, por lo que su utilización arroja resultados aproximados, con cierto margen de error, generalmente acotado. En primer lugar, se observó la necesidad de contar con un modelo que representara la red de abastecimiento de la RCA y parametrizarla con datos. Para lo cual se recurrió a un análisis secundario, obtención de datos válidos y confiables alcanzados por otras investigaciones de la RCA. Se siguieron tres trabajos (H. Tapia et al., 2019; HF Tapia, 2021; HF Tapia et al., 2019).

Con la información obtenida se recurrió a la simulación como herramienta y entre los tipos de simulación de la cadena de suministro se adopta la simulación de la dinámica de sistemas con eventos discretos. De esta manera se puede cuantificar los niveles de servicio, particularmente bajo incertidumbre, centrándose en una simulación analítica Kleijnen y Smits (2003) extraído de Chung (2004). En este trabajo se utiliza ABM y los agentes representan los recursos o los proveedores de los recursos. Los cuales interactuarán según los comportamientos determinados en las etapas anteriores de la investigación.

Se utilizó el software NETLOGO (versión 6.1.0), que es un entorno de modelado programable para múltiples agentes. Es utilizado por muchos estudiantes, profesores e investigadores en todo el mundo. También impulsa las simulaciones participativas de HubNet. Su autor es Uri Wilensky y es desarrollado en el CCL (The Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling - Northwestern University). El objetivo de NetLogo es proporcionar una

herramienta de prototipado y desarrollo rápido de modelos de simulación, no de aplicaciones finales.
Todas las acciones producidas fueron encaminadas a la obtención de nuevos conocimientos y el establecimiento de las relaciones. Como elemento final de este trabajo, se obtiene un nuevo resultado que debe ser confrontado con la realidad del problema inicial. A continuación, se detallan los diferentes elementos tomados para la simulación.

Modelo conceptual

Para realizar la simulación en primer lugar es necesario contar con un modelo conceptual, para lo cual se utilizó el propuesto por Tapia (2021). Este modelo caracteriza al proyecto de construcción por medio de sus redes de abastecimiento interna y externa. El modelo es útil para los fines del trabajo porque discretiza el comportamiento del proyecto por medio de los recursos (ver figura 1).

Datos de parametrización.

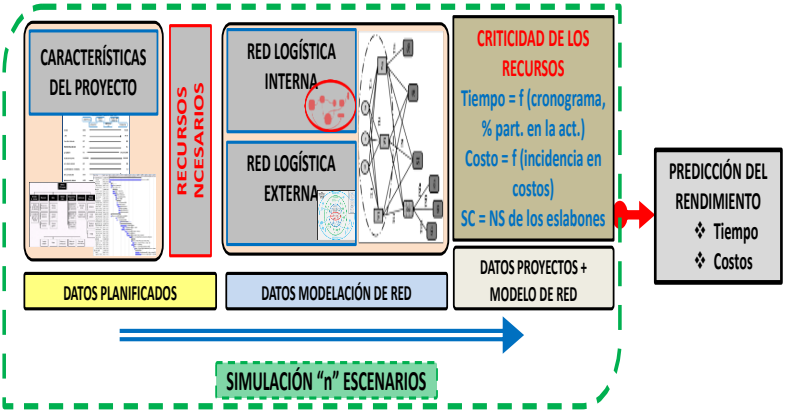
Como se mencionó en el objetivo la aplicación es en RCA por lo cual es necesario contar con valores que permitan caracterizar la red de la región. Si se quisiera aplicar en otras regiones sería necesario contar con indicadores que caracterizara las otras redes. Según la información obtenida del trabajo de Tapia (H. Tapia et al., 2019) se pueden caracterizar la red interna y externa de los proyectos de la RCA, en la figura 2 se observan los valores medios. De este trabajo se recuperaron los resultados de los cuestionarios realizados para caracterizar los distintos nodos de las redes por medio de histogramas de valores.

Relaciones SPI y CPI con el nivel de servicio de la CSC.

Para completar el modelo es necesario establecer la relación del SPI (rendimiento del cronograma) y CPI (rendimiento del costo) por medio de una expresión matemática, por lo cual se utiliza la provista por Tapia (HF Tapia, 2021), en la cual se relaciona el SPI y el CPI por medio de las dispersiones de los niveles de servicio de la red de abastecimiento.

Figura 1

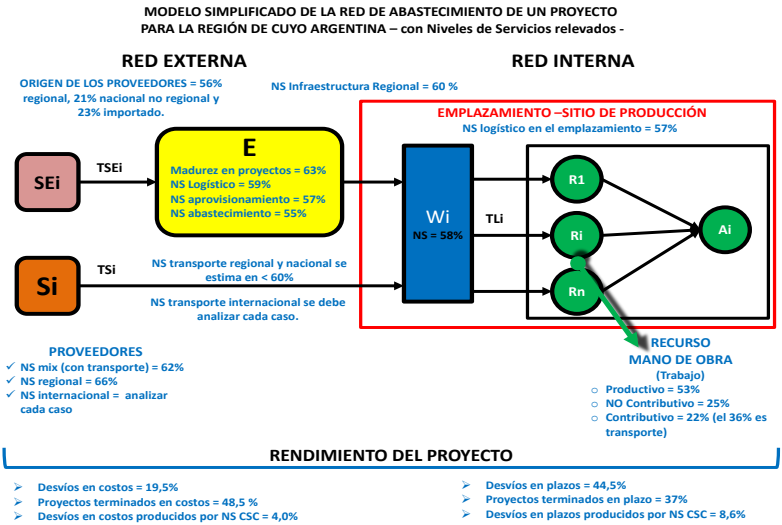
Modelo Conceptual de simulación



Nota: extraído de (HF Tapia, 2021)

Figura 2

Rendimientos de la red de abastecimiento



Relación matemática del rendimiento de los proyectos en función de la variación del nivel de servicio de la PSN. En donde el **SPI = 1 / (1 + k_D * Z * S_{NSPSN}) y** el **CPI = 1 / (1 + k_C * Z * S_{NSPSN}),** estas son expresiones simplificadas del SPI y CPI en función de s_{NSPSN}, que luego se simularán**.** Siendo:

- k_D y k_C constantes dependientes del entorno donde se estudia el proyecto
- Z valor de la distribución normal de media 0
- s_{NSPSN}: desvío estándar del nivel de servicio de la red de abastecimiento del proyecto el cual se determina en la simulación y está en función de la correlación existente entre los distintos actores.

CASO A RESOLVER

Características del Proyecto

Para realizar el estudio explicativo se tomó como base un proyecto de experimentación con el cual se realiza las simulaciones. Si bien se considera que la aplicación de la gestión logística de recursos es necesaria en proyectos medianos, grandes y megaproyectos se adopta un proyecto sencillo con el objeto de analizar conceptualmente lo que sucede con la interrelación de las diferentes variables. Además, la extrapolación a otras envergaduras de proyectos es directa porque se puede considerar que el proyecto analizado es sólo un paquete de trabajo o un sub-entregable de un proyecto mayor. Donde la red de abastecimiento específica, conforma una micro red para el proyecto global.

El alcance del proyecto consiste en la construcción de una nave industrial, compuesto de 15 actividades, con sus respectivas duraciones y costos. Los valores estimados, de estas variables, son realizados por juicio de expertos, según el estado del arte de la RCA. Estas estimaciones están relacionadas con la CSC que trabajan los expertos y son valores medios. El proyecto tiene un camino crítico de una duración de 56 unidades de tiempo (ut).

Además, posee un camino subcrítico que es de 51 ut. Asegurando una complejidad que debe ser simulada.

Recursos necesarios

El modelo solicita como dato de entrada la participación de los recursos en cada una de las actividades. En este caso en el modelo se han considerado los siguientes recursos:

- **Recursos internos al contratista:** mano de obra y equipamiento.
- **Recursos externos al contratista:**
  - ✓ **Bienes:** regionales, nacionales e internacionales.
  - ✓ **Servicios:** regionales, nacionales e internacionales.

Considerando esta división, se analizó a cada actividad y se estimaron la cantidad de recursos que tiene cada una de ellas en función de su costo. La distribución de recursos estimada queda conformada por: 61 % regional (internos y externos), 20 % nacional (externos) y 19 % internacional (externos). Esta distribución es cercana a los valores promedios obtenidos en Tapia (2019). Para cada uno de estos recursos se establecerán niveles de servicio que se obtienen de los valores obtenidos en el apartado 2.2.2. Otro punto a considerar en este modelo es que no se ha determinado previamente cuáles son las correlaciones entre las distintas actividades. En este caso que se discretiza a partir de los recursos, no se ha determinado la correlación entre los distintos recursos de las distintas actividades (proveedores). Situación que también es difícil determinar en la realidad. Por lo cual, para las simulaciones se deberá tener en cuenta dos estados: independencia (estado I) y correlación máxima (estado CM) entre los recursos de las actividades. El estado I se logra suponiendo que todos los recursos para todas las actividades pueden tener un NS diferente. En cambio, el estado CM se obtiene suponiendo que cada tipo de recurso para todas las actividades tiene el mismo comportamiento en NS.

Modelización

Para el desarrollo se modeló la red del proyecto (PSN), en la cual se consideró nodos (proveedores) y agentes en movimientos. Como

se mencionó para el desarrollo de ABM es necesario definir los agentes. Se utilizan dos tipos de agentes de NetLogo. Los *"turtles"* representarán los recursos. Los "*patches"* representaron los nodos de la red (proveedores) y las actividades del proyecto. La red modelada es una simplificación de la red real y corresponde al proyecto descripto en el apartado 2.2.4. En la figura 3 se visualiza cuáles han sido los eslabones considerados. En la misma se observa lo que se define como "mundo" en NetLogo (cuadrilátero en color negro) y en colores los diferentes nodos. Los nodos proveedores generarán los recursos. Se modela la red hasta aquellos nodos que se tiene visibilidad en el reconocimiento de proveedores de las organizaciones.

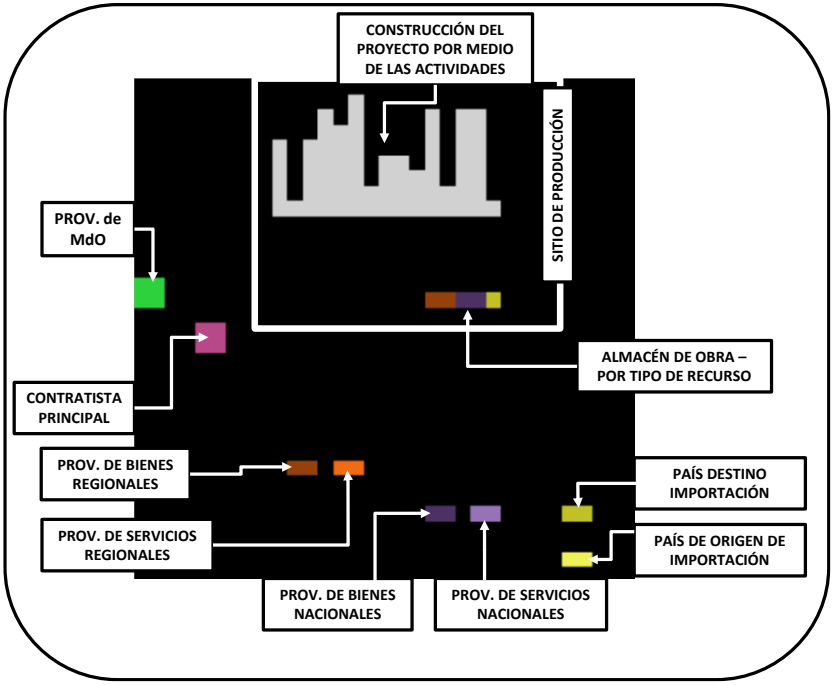
A cada uno de estos nodos (*patches*) se les otorga características de NS, los cuales han sido relevados en el trabajo de Tapia (H. Tapia et al., 2019) (NSRI- nivel de servicio de recursos internos, NSPMIX- nivel de servicio de los proveedores en general, NSW- nivel de servicio de los almacenes, NSC- nivel de servicio del contratista, NSPREG- nivel de servicio de los proveedores regionales, NSS- nivel de servicio de la logística en el sito, NSI- nivel de servicio de los proveedores internacionales). En esta simulación se utilizan directamente los valores obtenidos de este trabajo, y los agentes toman valores aleatorios de una lista.

Para simular la construcción del proyecto se utiliza la constitución de las actividades por medio de un agente (*patch)* por cada unidad de tiempo de duración. Estos agentes tienen las características del proyecto con respecto a duración, costo (sólo se consideró costo directo) y recursos.

Con respecto a los recursos se definen los agentes (*turtles*) por medio de familias (mano de obra, equipos, bienes regionales, servicios regionales, bienes nacionales, servicios nacionales, bienes internacionales). Los recursos como en la realidad se van movilizando por distintos nodos, siguiendo su cadena de abastecimiento. El comportamiento de estos agentes está influenciado por las características de los distintos nodos que deben atravesar. La cantidad de agentes asignados está en proporción a los costos de la actividad y su participación porcentual. En pruebas de parametrización se observa que los resultados de las simulaciones no varían por esta cantidad asignada

Figura 3

Gráfico de la red en NetLogo



Para cada agente se define la cadena de abastecimiento correspondiente, tratando de que sea lo más parecido a la realidad. Por ejemplo:

- Un recurso MdO (mano de obra), en este caso, se dirigirá directamente al sitio de producción.
- Un recurso bienes regionales salen del proveedor regional, llegan al almacén del sitio de producción y de ahí al lugar donde se realiza la actividad.

En el código NetLogo se generan las diferentes cadenas. Cada vez que un agente pasa por cada nodo se asigna un NS de agente

conformado por los NS de nodos. Según los nodos por los que pase se realiza una suma ponderada de su NS. Las ponderaciones utilizadas se estiman por juicio de expertos de empresas de la RCA. A medida que los recursos están disponibles en los sitios de ejecución de las actividades, estas se finalizan. De esta manera se ejecuta la simulación, pero aún es necesario parametrizar el valor de la constante k de costo y tiempo según las expresiones del apartado 2.2.3.

Para la estimación de las constantes de proporcionalidad entre la variación del NS y las variaciones de costo y duración se utilizarán los valores obtenidos en el trabajo de Tapia (H. Tapia et al., 2019). En este instrumento se han determinado los NS de los recursos internos y externos y su influencia sobre la variación de costos y duración (RIVC- recurso interno variación de costo, RIVT-recurso interno variación de tiempo, REVC-recurso externo variación de costos, REVT-recurso externo variación de tiempo). Además, se pueden estimar los desvíos en costos y tiempos de todo el proyecto (PVT- variación en tiempo del proyecto, PVC- variación de costo del proyecto). Para este análisis sólo se utilizarán valores medios de los resultados de este trabajo (tabla 1). Lo que se puede obtener del trabajo mencionado es la influencia relativa que tienen el conjunto de los recursos internos (pertenecientes a la red interna) y externos (pertenecientes a la red externa).

Para obtener cuáles son los valores de las constantes $k_{C/D}$, se debió calibrar los parámetros de simulación, manteniendo la relación de las influencias relativas. El coeficiente de proporcionalidad se determinó para las categorías de recursos internos y externos para las dos variables. En esta determinación de los coeficientes de proporcionalidad se debió tener en cuenta que los valores medios de desvío contengan la influencia que tienen los recursos sobre el rendimiento del proyecto (desvío en tiempo 9,8 %, SPI = 0,902 y desvío en costo 4,2 %, CPI = 0,958).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Primera Instancia

En la figura 4 se observan los resultados generales de las simulaciones realizadas para los casos de independencia y correlación máxima. En el tablero de comando de NetLogo se puede observar los valores de k (impacto) que se utilizan para

ambas simulaciones, debido a la parametrización con los datos de referencia. En las figuras de nubes de puntos se muestran las diferentes dispersiones que se producen en los resultados de ambos estados. En donde el estado de independencia muestra una menor dispersión que el de correlación máxima. Esto mismo se muestra en la tabla 2, al comparar los valores de los desvíos estándares.

Tabla 1

Valores de referencia según

	DESVÍOS (%)				INFLUENCIA	
	Individual		en los valores del proyecto		relativa a los desvíos totales	
RECURSOS	**Tiempo**	**Costo**	**Tiempo**	**Costo**	**Tiempo**	**Costo**
Externos	10,1	8,2	4,5	1,8	0,46	0,44
Internos	11,7	5,3	5,3	2,3	0,54	0,56
	TOTALES		**9,8**	**4,1**		

	DESVÍOS (%)	
	Tiempo	**Costo**
Proyecto	44,9	22,3

Nota: publicada en (H. Tapia et al., 2019)

Cuando los NS de los proveedores de recursos son independientes unos de otros los resultados arrojan dispersiones pequeñas. Lo que implica que los efectos se contrarrestan. En cambio, cuando existe una máxima correlación entre los distintos NS de los proveedores (proveedores idénticos para los distintos recursos de las distintas actividades) si bien se obtienen resultados con desvíos menores con respecto a los valores medios de estimación, las dispersiones son mayores. En la realidad se producen estados intermedios entre CM e I.

Esta simulación permite obtener un modelo que arroja valores significativos y comparables con variaciones que se realicen en los

datos del mismo modelo. Por lo cual, se considera que se obtuvo un modelo que representa significativamente las variaciones de costo y tiempo de la planificación de un proyecto. Esto permite utilizar el modelo en la próxima instancia para comprobar que con el aprendizaje simulado se pueden obtener mejores resultados en los proyectos.

Figura 4

Simulación Estado I y CM

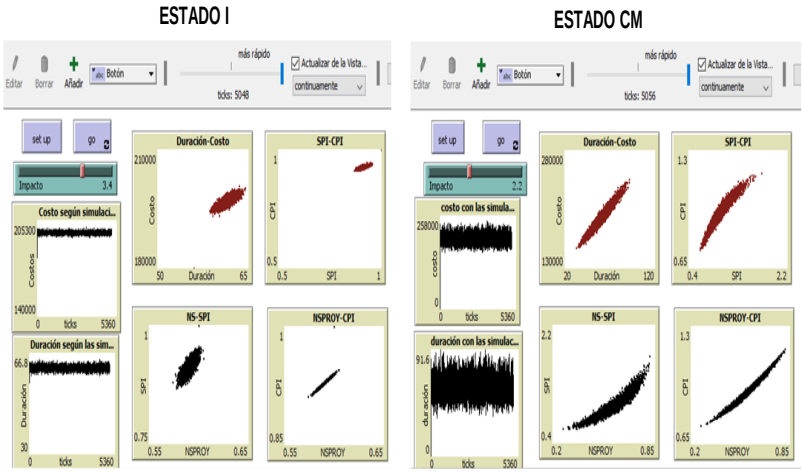


Tabla 2

Comparación de los Estados I y CM (m: media; s: desvío estándar)

	Duración		Costo		SPI		CPI		NSSNP	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
Independencia	61,43	0,88	226.577	1.155	0,91	0,01	0,93	0,01	0,59	0,005
Correlación máxima	58,25	9,16	220.826	15.783	0,98	0,15	0,96	0,07	0,59	0,083

Segunda Instancia

En el apartado Materiales y Métodos se mencionó que las mayores ventajas de los modelos basados en agentes es la capacidad de modelar agentes autónomos, heterogéneos e interactivos. Por lo cual contar con un modelo basado en agentes verificado, sobre el caso en estudio, permite realizar simulaciones donde los agentes van evolucionando con la ejecución repetida del proyecto. En esta etapa de la investigación se simuló en NetLogo el aprendizaje de los agentes (*patches*) proveedores. Este aprendizaje está basado en la posibilidad de los agentes de aprender de la simulación anterior.

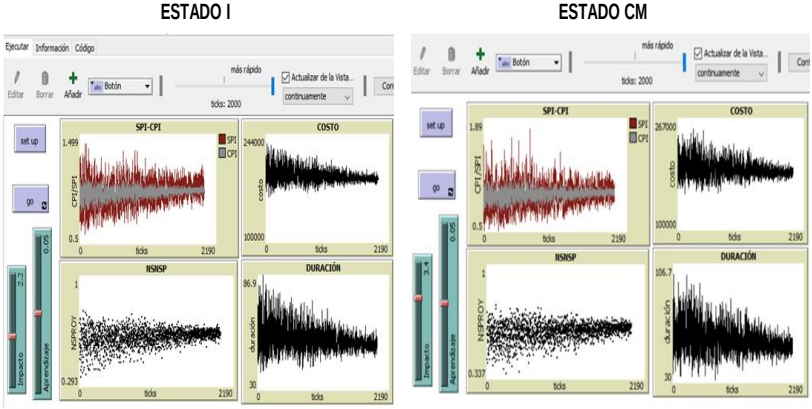
La variable sobre la que se actuará para simbolizar este aprendizaje es la disminución de la variación del NS de los diferentes proveedores principales, como se ha propuesto en la hipótesis. Por lo cual se supondrá que los agentes si obtienen un resultado positivo en la simulación, logran aprender sobre lo realizado correctamente y para el próximo proyecto pueden disminuir un porcentaje la variación de su NS. Se utiliza un comportamiento lineal para esta variación, lo cual sólo es una simplificación para el estudio.

Llevado a la ejecución real de proyectos y si se pudiera repetir una cantidad de veces un proyecto (como si fuera un proceso repetitivo) los interesados podrían aprender. En la realidad esto sólo se puede hacer de proyecto a proyecto, tratando de inventariar las lecciones aprendidas y mejorar el aprendizaje organizacional. Las herramientas que se pueden aplicar para mejorar los NS de las distintas organizaciones intervinientes son: madurez en gestión de proyecto, gobernanza, flujo de información (BIM), gestión de stocks, entre otras.

A continuación, se muestra el resultado de esta simulación con aprendizaje. En la figura 5 se observa que los valores de las variables tienen una tendencia a disminuir con el aumento de las simulaciones, consecuencia del aprendizaje simulado. Las iteraciones terminan en un tiempo finito que se considera que ya no se puede seguir mejorando con la tasa de mejora que se ha simulado.

Figura 5

Resultados con aprendizaje



Si se analizan la media y la desviación estándar cada 500 ciclos de aprendizaje o mejora para el caso de CM (Tabla 3) se puede observar cómo varían los valores de las variables estudiadas con el aprendizaje. Con respecto a la duración y el costo se obtienen valores inferiores a los valores medios con los que se planificaron. Mientras que el NS_{PSN} aumenta y su desvío estándar disminuye. Con respecto al SPI y CPI se debe recordar que son valores medios y que no están relacionados directamente con los valores medios de la duración y el costo. Los valores de SPI y CPI tienen su tendencia hacia el valor de 1 y su desvío estándar disminuye. El mismo análisis se puede realizar para el caso I.

En esta simulación se modela un aprendizaje (aumento de madurez) de los agentes que representan los proveedores. En los resultados obtenidos se observa que un aprendizaje sostenido en la repetición del proyecto puede producir mejores valores que los estimados en la planificación. Además, estos resultados dan indicios de que generando un aprendizaje durante la ejecución del proyecto o una selección de proveedores con menor dispersión (menor desvío estándar en el NS), se puede mejorar los resultados de los proyectos.

Tabla 3

Comparación de valores para diferentes ciclos de aprendizaje

Ciclos de aprendizaje	Valores	Duración	Costo	NSSNP	SPI	CPI
0---499	m	58,0	220.441	0,59	0,93	0,96
	s	8,4	14.399	0,07	0,15	0,06
500---999	m	55,7	217.068	0,61	0,96	0,97
	s	6,2	10.427	0,06	0,12	0,05
1000---1499	m	54,4	215.344	0,62	0,98	0,98
	s	4,3	7.089	0,04	0,10	0,03
1500---2000	m	52,8	212.921	0,63	1,00	0,99
	s	2,8	4.175	0,02	0,08	0,02

CONCLUSIONES

El objetivo de la gestión de proyectos es mejorar el rendimiento de los mismos en sus tres variables principales: alcance, costos y tiempos. Parte de las ineficiencias de los proyectos está relacionado con la respuesta de la CSC y es donde se deben realizar esfuerzos. En el trabajo se propone un modelo que relacione los NS de la CSC con las variables de costos y tiempos, sin considerar variaciones en el alcance (calidad).

Para comprobar las interacciones entre las variables se tomaron de referencia trabajos anteriores y la aplicación de AMB, simulando agentes que representan los proveedores y los recursos de la PSN. Posteriormente se parametrizó con los datos obtenidos y se simuló la ejecución del proyecto y de su red de abastecimiento. Con este modelo se procedió a verificar la hipótesis de partida en la que a través del aprendizaje organizacional se puede disminuir la dispersión del nivel de servicio de los integrantes de una red de abastecimiento de proyecto y en consecuencia se produce una mejora en los indicadores de rendimiento de los proyectos. Lo cual se demuestra con la segunda instancia de simulación.

De esta manera se puede observar que si en las redes de abastecimiento de los proyectos se pudiera disminuir el grado de la dispersión existente en los niveles de servicio de los distintos participantes de la misma y en consecuencia mejorar la dispersión del comportamiento global de la red se obtendrían mejores resultados en la ejecución de los proyectos con uso intensivo de recursos. En la realidad esta mejora se puede lograr mejorando aspectos como: madurez en gestión de proyecto, gobernanza, flujo de información (BIM), gestión de stocks, gestión de cadenas de abastecimiento, entre otros. Pero los máximos beneficios se encontrarán en la aplicación integral a la red.

En trabajos futuros es necesario efectuar un estudio específico con respecto a la simulación de la afectación del nivel de aprendizaje sobre la dispersión de los niveles de servicios de los distintos proveedores de la red. La aplicación de ABM y la técnica de simular la construcción por medio de eslabones fijos, avance de construcción y los agentes externos e internos es innovador para los métodos de simulación usados hasta la actualidad. Esta investigación provee una herramienta más para la toma de decisiones en proyectos y es un paso importante para gestionar la gobernanza por adaptación o diseño de las redes de abastecimiento de los proyectos y de esta manera mejorar sus rendimientos.

REFERENCIAS

Campuzano, F., & Mula, J. (2011). *Supply chain simulation: A system dynamics approach for improving performance*. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=wlM5xDvWZqMC&oi=fnd&pg=PP3&dq=supply+chain+simulation+campuzano&ots=_0m1AFDK6x&sig=yPZUeXaU9kdvAr-2CrmcF7j6rj0

Capó-Vicedo, J., Mula, J., & Capó, J. (2011). A social network-based organizational model for improving knowledge management in supply chains. *Supply Chain Management*, *16*(4), 284–293. https://doi.org/10.1108/13598541111139099

Chung, C. A. (2004). *Simulation Modeling Handbook: a practical approach*. CRC Press LLC.

Damnjanovic, I., & Reinschmidt, K. (2020). *Data Analytics for Engineering and Construction Project Risk Management*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14251-3

Du, J., El-Gafy, M., & Lama, P. (2016). A Cloud-based shareable library of cooperative behaviors for Agent Based Modeling in construction.

Automation in Construction, *62*, 89–100. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.11.005

Min, J. U., & Bjornsson, H. C. (2008). Agent-Based Construction Supply Chain Simulator (CS2) for Measuring the Value of Real-Time Information Sharing in Construction. *Journal of Management in Engineering*, *24*(4), 245–254. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2008)24:4(245)

Missonier, S., & Loufrani-Fedida, S. (2014). Stakeholder analysis and engagement in projects: From stakeholder relational perspective to stakeholder relational ontology. *International Journal of Project Management*, *32*(7), 1108–1122. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.02.010

Pires, B., & Vieira, D. R. (2019). Projects as dynamic, multi-level temporary organizations: Advantages of an agent-based modeling approach. *Journal of Modern Project Management*, *6*(3), 164–181. https://doi.org/10.19255/JMPM01811

PMI. (2018). *Pulse of the Profession*. Project Management Institute.

Tapia, H., Palma, R., & Moreno, J. (2019). *Kpi's de cadenas de abastecimiento en proyectos de construcción*. IX Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos-Ecuador.

Tapia, HF. (2021). *Modelo Predictivo de Redes de Abastecimiento de Proyectos con Uso Intensivo de Recursos*. Tesis Doctorado de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Cuyo.

Tapia, HF, Palma, R., & Forradella, R. (2019). Conceptual design for the development of supply chain predictive models in projects with intensive use of resources. In UQTR (ed.), *conceptual design for the development of supply chain predictive models in projects with intensive use of resources*.

Williams, G. (2011). *Data mining with Rattle and R: The art of excavating data for knowledge discovery*. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=mDs7OXj03V0C&oi=fnd&pg=PR3&dq=Data+Mining+With+Rattle+and+R&ots=m-V9qkmU_j&sig=FLbk6kvX_ms4VspAU7D1LhAFY0s

Xue, X., Li, X., Shen, Q., & Wang, Y. (2005). An agent-based framework for supply chain coordination in construction. *Automation in Construction*, *14*(3), 413–430. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.010

Xue, X., Shen, Q., Li, H., O'Brien, W. J., & Ren, Z. (2009). Improving agent-based negotiation efficiency in construction supply chains: A relative entropy method. *Automation in Construction*, *18*(7), 975–982. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.05.002

* * *

ESQUEMA DE FLUJO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA ADSORCIÓN-DESORCIÓN FÍSICA.

Tatiana Duran[1]; Francisco Gallardo[1]; Raúl C. Pérez[1]; Josefina Huespe[1]
[1] Grupo IEMI. Facultad Regional Mendoza. Universidad Tecnológica Nacional
rcperezi@gmail.com, josefina.huespe@gmail.com

Resumen: Se muestra el diagrama de flujo que representa las simulaciones de los observables dinámicos (coeficientes de difusión, sticking, entre otros) en un sistema cristalográfico hexagonal sometido a un esquema de adsorción y desorción térmica programada. En este proceso y para evaluar la probabilidad de diferentes resultados en el comportamiento del sistema; se emplearon modelos estocásticos tales como la simulación de Monte Carlo, el algoritmo de Kawasaki, y el modelo de Ising de Monte Carlo. En el presente trabajo se explica el desarrollo de estas simulaciones a través de su diagrama de flujo, aplicable a cualquier sistema físico y químico en los que se pretendan estudiar estos observables bajo las condiciones que se describen.

Palabras claves: Diagrama de flujo, observables dinámicos, modelos estocásticos, simulación de Monte Carlo.

INTRODUCCIÓN

Se presenta un diagrama de Flujo que corresponde al código de un lenguaje en programación, escrito para estudiar el comportamiento cinético de observables tales como: Desorción Térmica Programada y Coeficiente de Sticking. A partir del empleo de la simulación de Monte Carlo y con el apoyo de métodos estocásticos tales como el algoritmo de Kawasaki (que se describe en Materiales y Métodos). Si bien se describe el Diagrama de Flujo con el propósito de quien pretenda representar estos análisis pueda hacerlo independientemente del lenguaje y el método de programación, se complementa el mismo con algunas nociones básicas de los conceptos que se mencionan en dicho diagrama, se discuten las ecuaciones y las variables (físico-químicas)

involucradas tanto en las ecuaciones como en el programa con el que se trabajó.
A partir de este tipo de esquemas se modelaron simulaciones basadas en nueve tipos de cinéticas blandas y duras (Huespe et al, 2009) y se compararon y discutieron en múltiples publicaciones acerca de los observables cinéticos. (Huespe, 2009, 2014, 2016, 2017 (a y b) y 2019). Algunos de esos resultados obtenidos en las publicaciones citadas en el párrafo anterior se muestran en este trabajo a modo de respaldo del funcionamiento del diagrama de flujo que presentamos, y que puede dar lugar a diferentes programas que pretendan analizar los observables cinéticos que se describen en este artículo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el análisis de la cinética de adsorción-desorción en un sistema cristalográfico hexagonal se desarrolló un programa basado en algunos modelos estocásticos como la simulación de Monte Carlo entre otros. Se utiliza la aproximación de gas de red, caracterizando el estado de cada sitio solo por los números de ocupación. El sistema termodinámico consta de una red regular homogénea de tamaño M = LxL, donde los M sitios de adsorción se ubican en posiciones fijas sobre la red. Cada uno de ellos puede ser 0 o 1 dependiendo si está vacío u ocupado por un monómero. A continuación, se realiza la descripción del mismo a partir de su ***diagrama de flujo*** mostrado en la figura 1.

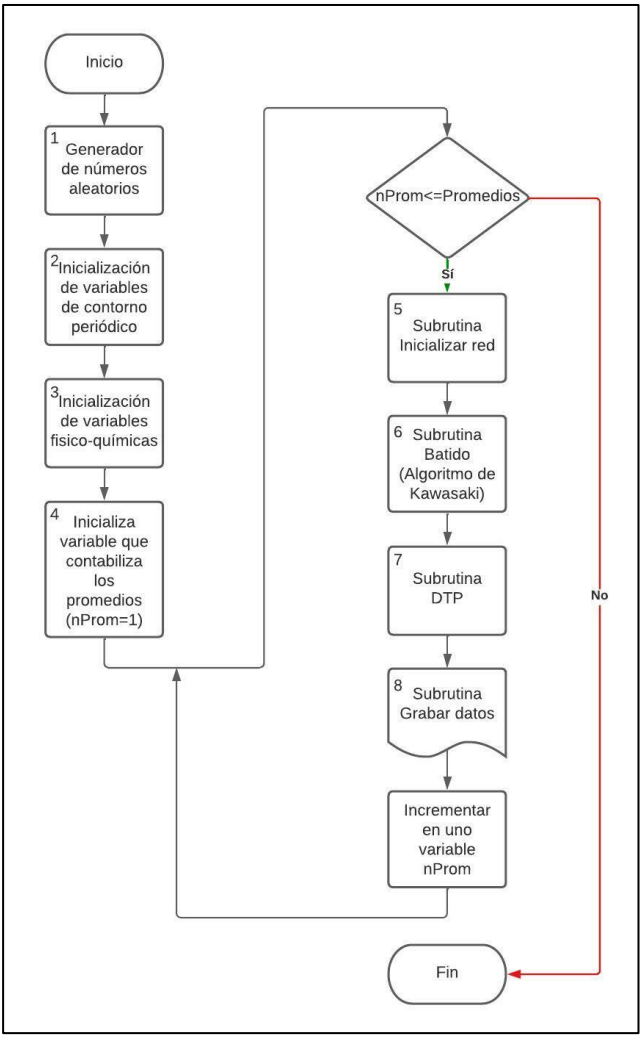
Generador de números aleatorios

Se define como números aleatorios (o pseudoaleatorios) a una secuencia de valores sin orden aparente obtenidos a partir de algoritmos determinísticos que posean alguna base matemática sólida. La generación de números aleatorios se realiza a partir del generador lineal de congruencias y se denomina como GLC (X_0, a, c, m) GLC. Este generador responde a la Ecuación 1:

$$X_{j+1}=(aX_0+c) \bmod m \qquad (1)$$

Figura 1

Diagrama de flujo DTP



siendo X_0 el valor inicial también llamado semilla, a el multiplicador, c el incremento y m el módulo. Estos Generadores tienen la característica de que si se parte de la misma semilla se obtiene la misma secuencia de valores (Herrera, 2000). El propósito de utilizar números aleatorios en el programa es evaluar diversas probabilidades de configuraciones en la red.

Inicialización de variables de contorno periódico

Se considera un arreglo rectangular con N_S interacciones a primeros vecinos sobre una tira con sitios en una dirección y M sitios en la segunda dirección cuyas condiciones de borde en esta última se eligen de forma tal que la red sea toroidal con 2^(N_S*M) microestados.

Inicialización de variables físico-químicas:

Entre todas las variables que se emplearon y a los fines de utilidad de este diagrama se describirán solo algunas porque como se explica en el trabajo, las mismas dependen de la especificidad del fenómeno físico-químico que se estudie.

Cubrimiento: probabilidad de que un sitio esté ocupado. Cabe aclarar que su representación está estrictamente vinculado con la ecuación de Langmuir o isoterma de Langmuir (1916), o ecuación de adsorción de Langmuir relaciona la adsorción de moléculas en una superficie sólida con la presión de gas o concentración de un medio que se encuentre encima de la superficie sólida a una temperatura constante.

Energía de desorción. La cinética de desorción puede estudiarse por experimentos de desorción térmica. A medida que T aumenta, aumenta la velocidad de desorción, apareciendo bruscos aumentos de velocidad cuando la energía térmica de las moléculas adsorbidas es mayor que la energía de activación de la desorción. Si aparecen varios picos indica la presencia de diferentes posiciones de adsorción, con diferentes entalpías de adsorción.

Posición de los sitios donde se adsorben-desorben las partículas: Irving Langmuir fue el primero en derivar una isoterma de adsorción con base científica en 1918. El modelo se aplica a los gases adsorbidos en superficies sólidas. Es una isoterma semi-empírica con una base cinética y se derivó con base en la termodinámica estadística. Es la ecuación de isoterma más común debido a su

simplicidad y su capacidad para adaptarse a una variedad de datos de adsorción. Se basa en cuatro supuestos:

1. Todos los sitios de adsorción son equivalentes y cada sitio solo puede albergar una molécula.
2. La superficie es energéticamente homogénea y las moléculas adsorbidas no interactúan.
3. No hay transiciones de fase.
4. En la adsorción máxima, solo se forma una monocapa. La adsorción solo ocurre en sitios localizados en la superficie, no con otros adsorbatos.

Velocidad de adsorción y desorción: La velocidad de este proceso puede calcularse usando la teoría cinética de gases.

Bucle para calcular los promedios

El programa realiza un bucle para controlar el número de promedios calculados según lo determinado previamente. Para esto se declara una nueva variable la cual se inicializa en uno y se va incrementando en uno por cada vuelta del bucle. En cada vuelta se analiza la condición de que dicha variable sea menor o igual a la variable declarada de forma global "Promedios". Si se cumple la condición el programa ingresa al bucle y procede a ejecutar las subrutinas descritas a continuación. En caso de que no se cumpla finalizará la ejecución del programa.

Inicializar red

Dentro de un bucle que va variando la concentración del gas desde un valor mínimo de 0.1 a un valor máximo de 0.9, se utiliza la serie de números aleatorios generada anteriormente para inicializar la red con diferentes valores de posiciones de los sitios donde se adsorben las partículas (monómeros). Esto se realiza por cada valor de la concentración del gas.

Subrutina Batido (Algoritmo de Kawasaki)

La probabilidad de tener N moléculas adsorbidas en un estado de ocupación (X) se define a través de la Ecuación (2):

$$P(N, X) = (\exp[-\beta H(X)]) / (Q(N, T, V)) \qquad (2)$$

donde *T* es la temperatura, *V* el volumen, *N* el número de moléculas adsorbidas y *Q (N, T, V)* es la función de partición canónica. La probabilidad de transición $W(X^i \rightarrow X^f)$ viene dada por la Ecuación (3):

W(X^i→X^f) = min {1, exp (-βδH) =min {1, exp[-β (H (X^f) -H (X^i))]} (3)

donde δH es la diferencia de energía entre los estados final e inicial del sistema. Una vez definida esta probabilidad de transición, el equilibrio se alcanza mediante un algoritmo del tipo "intercambio de spin" (dinámica de Kawasaki, 1966), que, para un sustrato con energías de adsorción establecidas, puede ser escrita como (calculado sobre la cantidad de un paso de Monte Carlo que se realiza luego de haber alcanzado el régimen de equilibrio):

1. Se fija un valor de T y se distribuyen N monómeros sobre la red.
2. Se selecciona al azar un sitio ocupado por un monómero y un sitio vacío, cuyas ocupaciones se intentan intercambiar
3. Se calcula δH y de ahí $W(\delta H)$ para el cambio y se genera un número aleatorio $\xi \in [0,1]$.
   - El cambio se realiza si $\xi \leq W(\delta H)$
   - En cualquier otro caso se vuelve a 2).

Subrutina DTP

1. Se $hace\ T = T_0$(temperatura inicial del proceso).
2. Se elige aleatoriamente un sitio.
3. Si este sitio está ocupado por un monómero, entonces se evalúa la siguiente probabilidad de adsorción dada por la Ecuación (4):

   P_ads=(vΔTexp[-β(E_d-zε)])/V_des (4)

   Donde v es el factor pre-exponencial para la desorción, E_d es la energía de desorción supuesto que este es un proceso activado, ε es la energía de interacción lateral a primeros vecinos, z es el número de sitios primeros vecinos ocupados que posee el monómero a desorber, ΔT es el

incremento de temperatura por paso de Montecarlo (MCS, por sus siglas en inglés) y V_des es la velocidad de desorción, definida por la Ecuación (5)

V_(des)=dT/dt (5)

Un paso MCS se consigue cuando se ha intentado cambiar el estado de ocupación de M sitios.

4. Se elige un número aleatorio ξ. Si ξ≤P_des (probabilidad de desorción) entonces el monómero se desorbe, se incrementa un contador que tiene en cuenta la temperatura a la cual desorbió el monómero y el sitio queda vacío
5. Si no se ha realizado un MCS (LxL intentos de desorción), se regresa al paso 2).
6. Se incrementa la temperatura en ΔT, se estabiliza el sistema en la asamblea Canónica y se regresa al paso 2) mientras existan monómeros adsorbidos en el sistema.

Subrutina Grabar datos

Los datos obtenidos en la subrutina DTP se guardan dentro de un archivo para luego obtener las gráficas a evaluar.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS OBSERVABLES CINÉTICOS:

Coeficiente de Sticking

Uno de los métodos utilizados en el análisis del comportamiento cinético de las interfases gas-sólido es el modelo de gas de red cinética (KLMG) aplicado a la capa adsorbida. Este método se basa en la aproximación de la ecuación maestra. En general, esta aproximación se utiliza en sistemas homogéneos en donde las funciones de correlación del cubrimiento y unos pocos sitios son suficientes para describir las propiedades de equilibrio y no-equilibrio del adsorbato. Si consideramos un proceso de adsorción localizada, el sistema se puede dividir en celdas designadas por el subíndice *i*. Para cada una de ellas, se introducen variables microscópicas n_i=1, n_i=0 para indicar si la celda *i* está ocupada por una partícula de gas adsorbido o no. Para describir el comportamiento temporal del sistema, se define *P(n,t)* como la probabilidad que al tiempo *t* el sistema esté en la configuración n,

donde n={n_1, n_2,..., n_M} da cuenta del estado de ocupación de cada sitio del arreglo. Esta probabilidad evolucionará en el tiempo de acuerdo a la Ecuación maestra (6):

$$(dP(n, t))/dt=\sum_n[W(n;n')P(n';t)-W(n';n)P(n;t)] \quad (6)$$

donde *W (n'; n)* es la probabilidad de transición por unidad de tiempo para que el sistema cambie del microestado n a n'. Esto satisface el principio de balance detallado por la Ecuación (7) donde P_0 es la probabilidad de equilibrio:

$$W(n; n')\, P_0(n'; t) = W(n'; n)\, P_0(n; t) \quad (7)$$

El coeficiente de sticking es una medida de la eficiencia de transferencia de energía en el proceso de adsorción y desorción. Alternativamente al tratamiento de la ecuación maestra, la evolución temporal de cubrimiento puede escribirse como una diferencia entre el término de adsorción y desorción en los términos de la Ecuación (8):

$$d\theta/dt=R_a-R_d \quad (8)$$

El término de adsorción se puede especificar como un producto del flujo de las partículas que llegan a la superficie desde la fase gas a presión *P* y temperatura *T*, golpeando el área de una celda de $adsorción\ a_s$, y pegándose con una probabilidad $S(\theta, T)$, como muestra la Ecuación (9) donde $S(\theta, T)$ recibe el nombre de coeficiente de sticking. (Huespe et al, 2017)

$$R_a=S(\theta, T)\, a_s\, P\, \lambda/h \quad (9)$$

Desorción térmica programada (DTP)

La desorción térmica programada es una de las técnicas experimentales más importantes para estudiar las propiedades de la capa adsorbida sobre superficies sólidas a través de la determinación de la cinética y los parámetros termodinámicos del proceso de desorción. Consiste en depositar sobre una superficie a baja temperatura cierta cantidad de partículas. Con ese cubrimiento inicial y con una presión exterior prácticamente nula comienza a

aumentarse la temperatura del sustrato, generalmente en función del tiempo y se mide la cantidad de partículas que abandonan la superficie en función de la temperatura.
Se distinguen dos casos de desorción térmica, dependiendo de si el adsorbato permanece móvil e inmóvil. En el caso móvil, el adsorbato permanece en equilibrio durante el experimento, para esto se permite que el sistema relaje hacia el equilibrio ante cualquier cambio del mismo, se supone que la difusión superficial es más rápida que la desorción. En caso de que permanezca inmóvil, las partículas se mantienen en sus posiciones iniciales hasta que desorben, se considera a la difusión superficial prácticamente inexistente o muy lenta comparada con el tiempo del experimento. Para obtener un DTP móvil el sistema debe estar siempre en equilibrio. Una forma de determinarlo es cuando la cantidad de partículas que se adsorben es igual a las que se desorben. Es decir que la cantidad de partículas que desorben debe ser igual que la cantidad de partículas que deberían adsorberse para que el sistema esté en equilibrio. (Huespe et al, 2019) Entonces el DTP móvil se puede obtener a partir de la Ecuación (10):

$$d\theta/dt=-R_a \exp(-\beta V_0) = (2\pi a_s Z_{int}) /h^3 \left[\left[(k_b T) \right] ^2 S (\theta, T) \exp(\beta\mu)\exp(-\beta V_0) \right] \quad (10)$$

Donde V_0 es el pozo de potencial del cual debe salir la partícula para abandonar la superficie, μ es el potencial químico de la fase adsorbida. Las condiciones iniciales y la dependencia entre el tiempo y temperatura deben ser las mismas que para el DTP inmóvil. Los análisis de este tipo proveen información muy útil para entender los mecanismos involucrados en los procesos que se producen en el sistema siempre y cuando los espectros se analicen a través de modelos apropiados. Esto puede hacerse mediante técnicas de simulación de Monte Carlo y distintas aproximaciones cinéticas, las que han demostrado dar resultados satisfactorios en la interpretación de los experimentos de desorción térmica en superficies (Sales, 1987; Heras, 1991; Grupta, 1989).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos con las simulaciones a partir de programas realizados representados por el diagrama de flujo pueden consultarse en la bibliografía mencionada en la introducción, y para evitar ser reiterativos en esta sección nos limitamos a indicar la importancia y el impacto de los pasos del diagrama de flujo. Identificar para cada una de las variables estocásticas las distribuciones de probabilidad con sus debidos parámetros. Calcular las correlaciones entre las variables independientes. Incluir posibles dependencias entre las variables.

Construir el modelo matemático de los observables cinéticos. Generar números aleatorios. Calcular el número de simulaciones. Entre más grande sea la cantidad de simulaciones es mejor, esto basado en la ley de los grandes números. Cada corrida es un escenario posible y consistente basado en los supuestos establecidos en el modelo. Cada resultado debe ser grabado (guardado).

Recordando que, este diagrama de flujo representa el proceso de dinámica molecular bajo el Método de Monte Carlo. Los resultados obtenidos con el mismo dependerán de muchos otros factores además de los mencionados anteriormente, tales como:

Número de promedios: desde luego que es importante aumentar todo lo posible el número de promedios y para ellos es preponderante la capacidad de cálculo y horas de máquina disponibles, así como tener en consideración una paralelización del programa.

Tamaño de las redes: los resultados también estarán estrictamente supeditados al tamaño de las redes empleadas. En general DTP con el método mencionado, se calcularon con redes de 100X100, con 10000 muestras independientes. En el caso de los DTP móviles, se realizaron 100 MCS para termalizar (llegar al equilibrio térmico) el sistema por cada incremento de temperatura o cambio del cubrimiento producido en el sistema.

Por lo mencionado anteriormente, es necesario en este punto indicar que un gran número de variables hace una buena simulación, pero resulta complicada de realizar si no se tiene un clúster o acceso a uno. Cada simulación es única por intervenir el azar.

DISCUSIÓN

Es importante reflexionar acerca de que el diagrama de flujo en sí mismo no puede asegurar ciertas parametrizaciones en los programas y eso dependerá de la elección del método de simulación y la representación de las distintas variables. En el caso de Monte Carlo, se precisan más condiciones que las expresadas en el diagrama de flujo para garantizar la consistencia en las cinéticas empleadas y observadas. Las simulaciones tienen el objetivo de representar el comportamiento propio de un sistema real. Monte Carlo permite evaluar el comportamiento de las variables que inciden en el problema a analizar cuando se tiene incertidumbre sobre el comportamiento que éstas van a tener. Esto obedece a que como se discute en los resultados, el comportamiento de los observables no está únicamente supeditado a la construcción del método de programación sino dependen de muchísimas variables más tales como el tipo de esquema cinético empleado, la elección del método estocástico, el generador de números aleatorios, sólo por mencionar algunos.

La decisión acerca de los modelos de simulación a emplear para este tipo de estudios, supedita desde luego la estructura del diagrama de flujo que aquí presentamos, pero no por ello dejará de lado la comprensión de que para este tipo de procesos la dinámica y la libertad en los parámetros que aparece en cada una de ellas (algunos comentados y definidos en Materiales y Métodos) impacta directamente en los resultados a obtener. El esquema representa un proceso de dinámica molecular a través del Método de Monte Carlo, pero no por ello es inflexible ni irrestricto a las condiciones de estudio de cada caso particular. Desde luego que se debe controlar cierta consistencia en los resultados que producen. Por ejemplo, la relación entre los resultados de los mismos observables, la coherencia entre ellos como en cualquier otro sistema físico. Esto es porque la simulación Monte Carlo no se ha diseñado para encontrar la mejor solución o soluciones óptimas, como en la programación lineal o en análisis de decisiones, sino que evalúan diferentes alternativas y se toma una decisión con base en una comparación de los resultados.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional por permitirnos desarrollar esta investigación. Al grupo IEMI en donde desarrollamos nuestros trabajos de investigación.

REFERENCIAS

Czepirski, L., Bałys, M.R., & Komorowska-Czepirska, E. (2000). Some generalization of Langmuir adsorption isotherm. *Internet Journal of Chemistry, 3(14).*

Gupta, D. & Hirtzel, C.S. (1989). Monte Carlo studies of reactive desorption from mixed adlayers. *Molecular Physics. An International Journal at the Interface between Chemistry and Physics*, *68*(3), 583-597.

Gupta, D. & Hirtzel, C.S. (1989). Thermal desorption of interacting molecules from mixed adlayers. *Surface Science*, *210*(3), 322-338.

Gupta, D. & Hirtzel, C.S. (1988). Monte Carlo simulation of temperature-programmed desorption of molecules from solid surfaces. *Chemical Physics Letters*, *149*(5-6), 527-533. https://doi.org/10.1016/0009-2614(88)80376-2.

Heras, J.M.; Velasco, P.A.; Viscido, L. and Zgrablich, G. (1991). A Monte Carlo approach to temperature programmed reactive desorption the case of water on polycrystalline palladium films. *Langmuir*, 7(6), 1124-1128. DOI: 10.1021/la00054a018

Herrera, A. M. M. (2000). Números aleatorios. Historia, teoría y aplicaciones. *Ingeniería y desarrollo*, (8), 49-69.

Huespe, J. (2017a). The impact of kinetic observables: sticking coefficient and thermal programmed desorption spectra on dynamic schemes in two dimensional lattice gas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 41*(160), 298-305. https://doi.org/10.18257/raccefyn.505

Manzi, S., Huespe, J., Belardinelli, R. E. and Pereyra, V. D. (2009). Hard versus soft dynamics for adsorption-desorption kinetics. Exact results in one-dimension. *Physical Review E, 80*(5). DOI:

Huespe, J., Berlardinelli, R.E., Pereyra. V.D., Manzi, S.J. (2017) Comparison between different adsorption-desorption kinetics schemes in two dimensional lattice gas. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 488*(15), 162-176.

Huespe, J., Masone, D. (2016). Nanoestructuras de grafeno à la carte: hacia la filtración selectiva de aguas de producción. *Revista Petroquímica. Petróleo, Gas, Química y Energía, 327*, 204-209.

Kawasaki, K. (1966). Diffusion Constants near the Critical Point for Time-Dependent Ising Models. I. *Physical Review Journals Archive, 145*(1), 224-230. DOI: https://doi.org/10.1103/PhysRev.145.224.

Langmuir, I. (1916). The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids. Part I. Solids. *Journal of the American Chemical Society, 38*(11), 2221-2295. https://doi.org/10.1021/ja02268a002.

Sales, J. L. and Zgrablich, G. (1987). Thermal desorption of interacting molecules from heterogeneous surfaces. *Physical Review B, 35*(18), 9520-9528.

* * *

LA APLICACIÓN DE PRÁCTICAS LEANBIM EN EL PROCESO PROYECTUAL ARQUITECTÓNICO.

Alicia Carla Tapia[1]; Hugo F. Tapia[2]

[1] FAUD-Universidad Nacional de San Juan.
[2] CEAL-Instituto de Ingeniería Industrial- FI UNCuyo.
a.carla.tapia.r@gmail.com

Resumen: Los proyectos de construcción de la Región de Cuyo-Argentina- padecen de grandes deficiencias en sus resultados (alcance, costo, tiempo y calidad), ocasionando pérdidas de aproximadamente el 20% en costo. Una de las causas es la escasa integración entre el proceso proyectual y la ejecución del proyecto. Surgiendo, como una posibilidad de mejora de esta falencia, la aplicación de las nuevas tecnologías de gestión e información; en este caso específico la filosofía Lean Design (Lean) y el Building Information Management (BIM). Por lo cual, como primer paso de la tesis doctoral en desarrollo, se plantea el objetivo de este trabajo: analizar el estado del arte de la investigación sobre la aplicación de prácticas Lean-BIM en el proceso proyectual arquitectónico a través del análisis bibliométrico sobre ciencias de la arquitectura. La metodología empleada para la búsqueda de información científica se basó en la aplicación de una ecuación de búsqueda, definida a partir de los dos conceptos eje -Lean y BIM- aplicados al área del proceso proyectual arquitectónico, sin la acotación de un periodo de tiempo, a fin de detectar el inicio de la tendencia en el campo de investigación, consultando la base de datos Scopus. De la investigación se obtuvieron 73 artículos, definiendo la muestra a analizar, la cual indicó un importante crecimiento productivo de publicaciones desde el año 2010. Los artículos de conferencia son la tipología documental predominante, de los cuales un gran porcentaje proviene de Reino Unido, donde se destaca Koskela como el autor con mayor cantidad de publicaciones y referenciaciones. Los documentos (Doc(s)) se clasificaron en 10 áreas temáticas, concentrando la mayor parte en ingeniería, donde se destaca la revista “Engineering, Construction and Architectural Management” por el número de publicaciones anual y la Universidad de Salford como la institución con mayor producción científica. Los temas más estudiados son “Lean Construction” e “Industria de la Construcción” relacionado con el diseño arquitectónico. Se concluye que la literatura científica sobre la aplicación de prácticas Lean-BIM al proceso proyectual arquitectónico está en pleno crecimiento, siendo de plena vigencia y de actualidad, donde se observan vacancias cognitivas a

desarrollar frente a la reducida producción científica sobre dicha temática, con escasa visibilidad de artículos que combinen Lean y BIM a la solución de la problemática planteada.

Palabras claves: Bibliometría; Lean; BIM; arquitectura, proceso proyectual.

INTRODUCCIÓN

Para la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), los retrasos y los sobrecostos son comunes en los proyectos de construcción a nivel internacional, donde sus causas y las posibles soluciones han sido de gran atención para el sector académico (Tapia et al., 2020). Las causas destacadas en la literatura identifican la falta de coordinación, profundas cadenas de suministro, los problemas con la falta de integración de la información (Michaud et al., 2019), el flujo de información a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, afectando así a su desempeño (Dave et al., 2015).

Se ha comprobado que la eficiencia aplicada al trabajo inicial de diseño puede mejorar la calidad de este; reduciendo los errores de entrega, sobrecostes del proyecto y las reiteraciones en iteraciones negativas (al Hattab & Hamzeh, 2015; Arayici et al., 2011). Es por ello que la gestión del diseño sigue siendo un desafío, donde algunas empresas de diseño y construcción han tomado la iniciativa para aplicar Lean y BIM de forma integral a fin de respaldarlo (Bhat et al., 2018; Pedo et al., 2021), como posible solución a los problemas enfrentados (Alizadehsalehi et al., 2019; Arayici et al., 2011; Dave et al., 2015; Demirdöğen et al., 2021; Evans, Farrell, Mashali, et al., 2021; Gómez-Sánchez et al., 2019)

Tanto la filosofía Lean como la metodología BIM surgieron independientemente (Fosse et al., 2017); pero a medida que se fue avanzando en su implementación y aplicación, se evidenció que podrían combinarse como un nuevo medio de elaboración de proyecto más productivo (Dave et al., 2015; Teizer et al., 2020). Lean Thinking se está desarrollando como posible solución para aquellas empresas que forman parte de la industria AEC, las cuales buscan reducir desperdicios en sus prácticas laborales a fin de brindar el mayor valor posible a sus clientes (Alizadehsalehi et al., 2019;

Hamdi & Leite, 2012; Mollasalehi et al., 2018; Nascimento et al., 2017).

Desde la filosofía Lean, recientemente se planteó un nuevo concepto para dicha industria, “Lean design management” (LDM); el cual promete mejorar el proceso proyectual mediante la implementación de prácticas Lean-BIM para la entrega eficiente de proyectos (Herrera et al., 2021). Por otro lado, BIM mejora la eficiencia de la ejecución del proyecto al optimizar el tiempo, el alcance, el costo, la calidad, la seguridad y las limitaciones de recursos del proyecto (Clemente & Cachadinha, 2013; Eldeep et al., 2022; Fakhimi et al., 2016; Mollasalehi et al., 2016). Además, resuelve problemas vinculados a la calidad de diseño, comunicación, construcción y control causados por el uso de sistemas tradicionales, basados en dibujos 2D (Alizadehsalehi et al., 2019).

Si bien hay un importante número de investigaciones que indagan la interacción entre Lean y BIM, la mayoría de las discusiones prácticas y teóricas se centran en el funcionamiento de BIM y su contribución a los objetivos y métodos lean. En cuanto al campo del diseño, estudios anteriores se han centrado únicamente en buscar fallas de diseño desde una perspectiva cognitiva estática y soluciones dirigidas al comportamiento de individuos aislados (al Hattab & Hamzeh, 2015; Pedo et al., 2021); no habiéndose encontrado estudios bibliométricos, revisiones y meta análisis sobre prácticas Lean-BIM aplicados al proceso proyectual arquitectónico.

Además, la falta de estudios que analizasen la base de datos Scopus justificaron el presente trabajo, a fin de evidenciar las tendencias y reconocer las líneas de la investigación sobre los dos temas eje aplicado al proceso proyectual en el campo de la arquitectura. Es por ello que este trabajo tiene por objetivo general analizar el estado del arte de la investigación sobre la aplicación de prácticas Lean-BIM en el proceso proyectual arquitectónico a través del análisis bibliométrico sobre ciencias de la arquitectura. plantearon preguntas de investigación y se analizaron variables relativas a la producción científica internacional recogida en la base de datos Scopus, a través del análisis bibliométrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo general de este estudio, se llevó a cabo una revisión basada en el análisis bibliométrico de registros

seleccionados a partir de la búsqueda desarrollada en Scopus, en junio de 2022. El desarrollo del estudio se dividió en 3 etapas, a partir de la Metodología de Kitchenham (2004) adaptada a una revisión a partir de un análisis bibliométrico.

En la etapa 1, se identificó la necesidad para este tipo de análisis, el cual surge del requerimiento del investigador: "examinar la aplicación conjunta de la filosofía Lean y las metodologías BIM al proceso de proyectual arquitectónico para identificar tendencias y brechas en el campo disciplinar en cuestión". Para ello se definieron las interrogantes de investigación y la fuente de información donde se llevaría a cabo la búsqueda: Scopus. Luego se definió el protocolo de búsqueda y el de revisión, en base a la estructura de un artículo científico tipo (Srba, 2004).

En la etapa 2, se desarrolló la búsqueda de estudios primarios, la selección de estos – muestra-, luego se prosiguió con su lectura, registro y extracción de datos relevantes (Angelica et al., 2005).

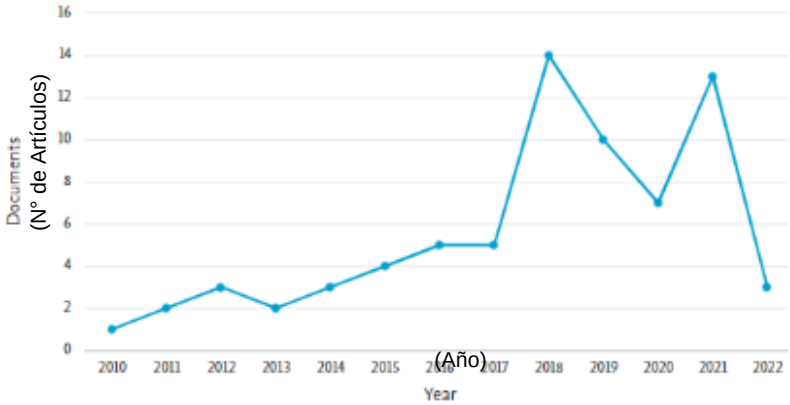
Se continuó con el análisis de los datos empleando la herramienta de "análisis de resultados de búsqueda" de Scopus, y el software de análisis de datos bibliométricos VOSviewer -software libre para construir y visualizar redes bibliométricas- versión 1.6.16 (Zamora, 2020). Por último, se sintetizaron los datos analizados para responder las preguntas de investigación y cumplir con el propósito de la investigación, diagnosticando las tendencias actuales de los tres tópicos en cuestión.

RESULTADOS

Desde el año 2010 se apreció un incremento gradual del número de publicaciones hasta el presente (Figura 1). Este incremento alcanzó su primer punto máximo en el año 2018, con 14 publicaciones; y luego en el año 2021, con 13 publicaciones. Registrando la primera publicación en el año 2010, se confirma la presencia ante un tema en pleno auge para el campo de la investigación, con solo 12 años de producción científica como antecedentes del mismo. En la figura 2, podemos apreciar el porcentaje de Docs producido por área temática, donde se puede destacar la prevalencia de la labor de Ingeniería, con el 63.5% de producción frente al resto.

Figura 1

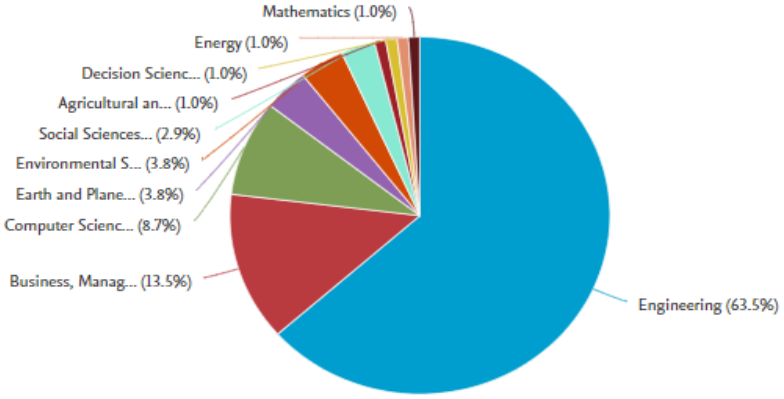
Número de artículos por año de publicación.



Nota. Adaptado de Documents by year [gráfico de barras], de herramienta de análisis, 2022, Scopus (Scopus - Analyze search results | Signed in).

Figura 2

Docs por área temática

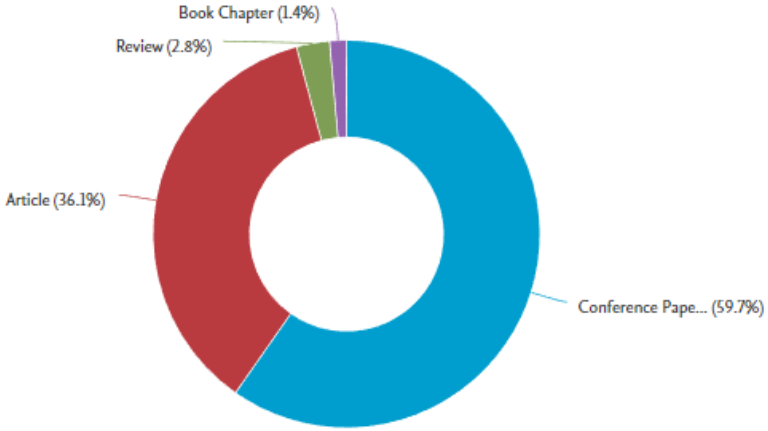


Nota. Adaptado de Documents by subject area [gráfica circular], de herramienta de análisis, 2022, Scopus (Scopus - Analyze search results | Signed in).

En cuanto al tipo de Doc, se observar la predominancia del artículo de conferencia por sobre el resto (Figura 3). En este estudio se emplearán todos los Docs encontrados, independientemente del tipo, ya que la muestra considera las tendencias marcadas en primer lugar por la documentación producida en conferencias en el campo de la investigación del tópico.

Figura 3

Docs por tipo

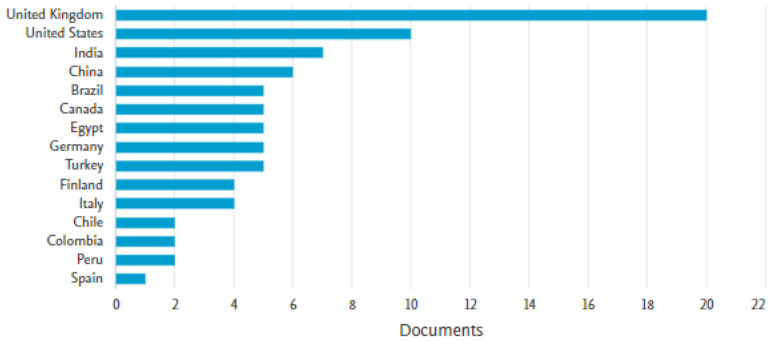


Nota. Adaptado de Documents by type [gráfica circular], de herramienta de análisis, 2022, Scopus (Scopus - Analyze search results | Signed in).

En relación a la producción científica por país o territorio, a partir de la Figura 4, se aprecia la destacada labor de Reino Unido; en segunda instancia, Estados Unidos; y, en tercer lugar, India. Debiendo destacar la reducida participación de países de habla hispana, donde se encuentra a Chile, Colombia y Perú, con dos publicaciones; y a España con sólo un artículo publicado. La ausencia de Argentina en la gráfica evidencia la falta de desarrollo científico en los tópicos eje de la presente investigación.

Figura 4

Docs por país o territorio



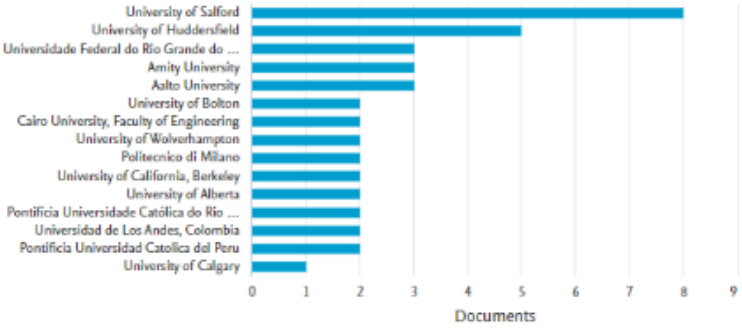
Nota. Adaptado de Documents by country or territory [gráfica de barras], de herramienta de análisis, 2022, Scopus (Scopus - Analyze search results | Signed in).

Otra de las variables a considerar fue la institución de afiliación del primer autor (Figura 5). Del total de trabajos analizados, se confirma la prevalencia de instituciones inglesas frente al resto. En los primeros puestos podemos reconocer la Universidad de Salford y la Universidad de Huddersfield. Entre las instituciones latinoamericanas, se encuentra la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, de Brasil, con tres publicaciones existentes en Scopus. En cuanto a la producción científica por autor, se observa en la siguiente Figura 6, en los primeros puestos a Koskela, de la Universidad de Huddersfield – Reino Unido; Dave, de la Universidad de Aalto - Finlandia; y a Ahuja, de la Universidad de Amity – India.

Para analizar la bibliografía a través del método gráfico de relaciones semánticas ejecutado en VOS, se procedió a desarrollar la base datos obtenida de la búsqueda descrita a partir del repositorio de Scopus, La red de relaciones encontrada a partir de la salida gráfica que ofrece VOS, Figura 7, muestra las correlaciones entre los dos términos eje de investigación “Lean-BIM”, aplicados al proceso proyectual arquitectónico; donde los términos directamente relacionados son “Lean Construction” e “Industria de la construcción.

Figura 5

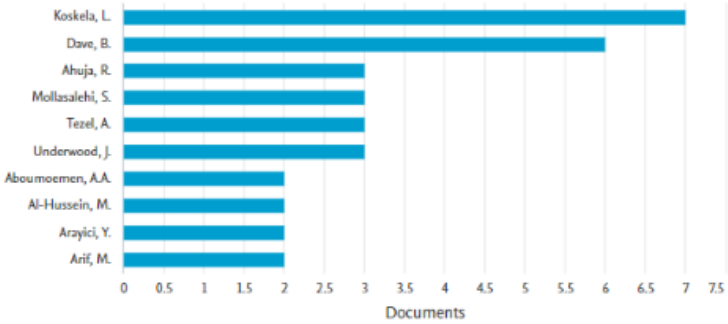
Docs por afiliación



Nota. Adaptado de Documents by affiliation [gráfica de barras], de herramienta de análisis, 2022, Scopus (Scopus - Analyze search results | Signed in).

Figura 6

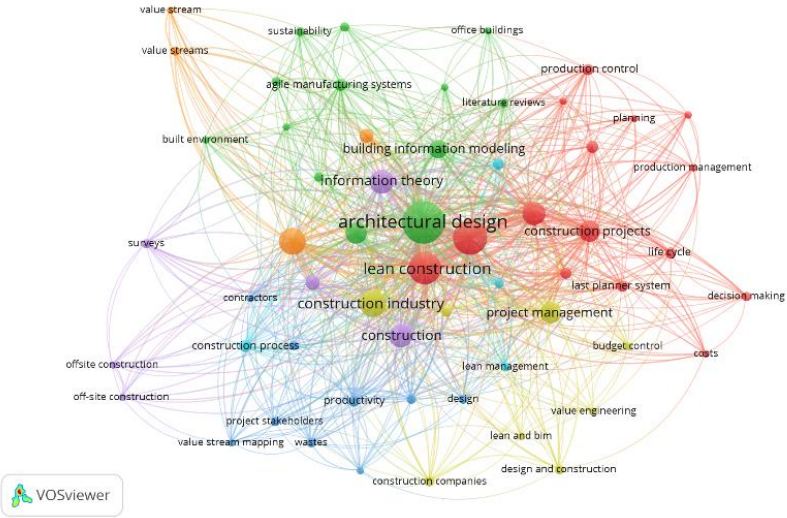
Docs por autor



Nota. Adaptado de Documents by author [gráfica de barras], de herramienta de análisis, 2022, Scopus (Scopus - Analyze search results | Signed in).

Figura 7

Visualización de red de conjuntos de variables en registros bibliográficos de los términos eje de investigación en Scopus



DISCUSIÓN

El propósito de este estudio ha sido analizar la productividad científica sobre la aplicación de la filosofía Lean, junto a la metodología BIM, al proceso proyectual arquitectónico por investigadores de todo el mundo, desde su primer año de publicación al presente, a partir de la búsqueda en la base de datos de carácter internacional Scopus. A la luz de los resultados obtenidos, se ofrece una vista panorámica sobre la evolución de la investigación en dicho ámbito, así como la identificación de las principales tendencias de investigación. Se han analizado las variables relativas a producción científica.

En primer lugar, cabe señalar el escaso número de artículos sobre el proceso proyectual arquitectónico vinculado a la aplicación de prácticas Lean-BIM, el gran porcentaje de publicaciones de conferencia frente a artículos científicos y la falta de evidencia de producción científica argentina en los temas indagados, publicados en Scopus desde 2010 al presente. Es posible que los artículos de investigación se estén publicando en otras bases de datos, por lo que se recomienda para investigaciones futuras, la realización de un análisis bibliométrico en otras fuentes, tales como WoS y ScieLO.

Al analizar las revistas se aprecia que los autores prefieren publicar en revistas de la categoría Ingeniería, posiblemente por la mayor visibilidad e impacto de las revistas no especializadas; y, en segundo lugar, las revistas de negocios, gestión y contabilidad. La mayoría de estas revistas son de Reino Unido, publicadas en inglés. Dos autores de dos universidades (Koskela de la Universidad de Huddersfield, Reino Unido; y Dave de la Universidad de Aalto de Finlandia) cuentan con el mayor número de publicaciones, lo cual permite identificar los equipos más potentes y productivos que trabajan en esta temática. Además, la Universidad de Salford, de Reino Unido, cuenta con el mayor número de publicaciones.

El número de variables que pueden ser revisadas en un estudio bibliométrico es muy amplio. En este estudio se considera como una limitación la omisión del análisis por citación que presentaban los estudios y su impacto científico en su correspondiente revista de difusión. A pesar de ello, los datos ofrecen una imagen representativa del estado de la cuestión acerca de la aplicación de prácticas Lean-BIM en el proceso proyectual arquitectónico, resaltando la importancia de los estudios de este tipo para el avance científico. La información y los datos aportados por esta investigación sirven de marco de referencia para cualquier estudio sobre dicha temática.

A modo de síntesis, se pueden tomar algunos párrafos de los artículos más representativos de la muestra bibliográfica. Para ello se parte de la definición de Lean y BIM. Lean se refiere a la aplicación y adaptación de los conceptos y principios subyacentes del Sistema de Producción Toyota (TPS) a la Industria de la construcción (Evans, Farrell, Mashali, et al., 2021). Por esta y más razones, se examinó la construcción esbelta. Koskela (2018; et al.,

2002) desarrolló la teoría Transformation-Flow-Value (TFV) y Seven Flows, diciendo que la construcción puede conceptualizarse con la transformación de recursos y la creación de valor sistemático y flujo continuo de materiales y personas, respectivamente.

En cuanto a la metodología BIM, según el glosario del Manual BIM (Eastman, Teicholz, & Sacks, 2008) describe herramientas, procesos y tecnologías facilitadas por documentación digital legible por máquina sobre un edificio a lo largo de su ciclo de vida. El resultado de la actividad BIM es un 'modelo de información de construcción'. Las herramientas de software BIM se caracterizan por la capacidad de compilar modelos virtuales edificios utilizando objetos paramétricos legibles por máquina que exhiben un comportamiento acorde con la necesidad de diseñar, analizar y probar el diseño de un edificio (Sacks et al., 2004).

Una posibilidad para la estandarización y el uso sistemático de modelos BIM en ejecución se ve en el uso combinado con métodos Lean Construction (LCM) (Sacks et al., 2009). De hecho, las sinergias resultantes de las funcionalidades BIM y los principios Lean se describen en numerosas publicaciones científicas (Dave et al., 2013; Elmaraghy et al., 2018; Khan & Tzortzopoulos, 2014; Sacks et al., 2009, 2010).

Según Tsai et al. (2011) y Olawumi & Chan (2018), ha habido un crecimiento considerable en la adopción de BIM en la industria AEC en muchos países, mientras que numerosas investigaciones han destacado que la interoperabilidad entre BIM en el diseño sigue siendo un problema predominante en la construcción y requiere más investigación para lograrlo (Schimanski et al., 2019). Sinergia entre BIM y Lean, el llamado “LeanBIM” (Carvajal-Arango et al., 2019; Dave et al., 2013; Evans, Farrell, & Mashali, 2020; Saieg et al., 2018; Solaimani & Sedighi, 2020).

Según Eastman, Teicholz, Sacks, et al. (2008), "BIM es una forma fundamentalmente diferente de crear, usar y compartir datos del ciclo de vida de la información de construcción". BIM brinda muchos beneficios para todo el ciclo de vida de los proyectos, ya que "BIM facilita un proceso de diseño y construcción más integrado" y, por lo tanto, "da como resultado edificios de mejor calidad a un costo menor y una duración del proyecto reducida" (Eastman, Teicholz, Sacks, et al., 2008).

Comprender los beneficios de BIM y las interacciones Lean (Marzouk et al., 2019), los errores de diseño pueden manejarse mejor en un intento de reducir tanto su incidencia como su diseminación (Mahalingam et al., 2015). Algunos de los beneficios de usar un BIM junto a Lean en la etapa de diseño edilicio fue resumido por (Dave et al., 2013; Mollasalehi et al., 2018): “reducir el ciclo de vida de desarrollo del diseño, reducir el retrabajo, aumentar el número de iteraciones para la mejora del valor, mejorando la previsibilidad de la inversión y el ciclo de vida costos (programación 4D), y mejorar la capacidad de involucrarse con las partes interesadas”.

Esto es particularmente importante en la fase de diseño de los proyectos de construcción porque las decisiones tomadas durante esta fase pueden afectar significativamente la fase siguiente, y los costos de los cambios en la fase de diseño son insignificantes en comparación con los costos de los cambios en fases futuras (AIA National & AIA California Council, 2007). Esta tecnología combinada se muestra no solo como la principal característica de las empresas constructoras, sino también como la referencia en la mejora de la eficiencia productiva y la competitividad (Xu & Qian, 2014). Es por ello que desde el campo académico se busca desarrollar la revisión de la literatura, recabando los antecedentes desde que inicio la tendencia en el campo científico hasta el presente, para posteriormente cumplir con el objetivo general de la tesis doctoral al que se encuentra vinculado el artículo en cuestión; plantear las variables necesarias a intervenir en el proceso proyectual del diseño arquitectónico edilicio.

CONCLUSIONES

La trascendencia de este estudio radica en la realización de un primer acercamiento a la historia temprana de la aplicación de prácticas Lean-BIM al proceso proyectual arquitectónico. La historia se puede calificar como temprana, debido a la carente y recientemente documentada aparición de estudios científicos en la temática. La relación entre Lean y BIM con el proceso proyectual arquitectónico se presenta en el análisis de datos bibliométricos realizado, por la aparición de “Diseño arquitectónico” como variable

central dentro de los conglomerados de tópicos que más se emplearon en la labor científica en el tema recopilado.
Como se constató en la revisión directa de los 73 Docs sometidos al análisis del software VOS en su conjunto, confirma la prevalencia de los términos “Lean Construction” e “Industria de la construcción”, debido al auge detectado en el campo de la ingeniería. Los usos para Lean, BIM y Diseño Arquitectónico, considerados en los trabajos científicos más recientes, podrían ser un indicador del interés que están tomando para la comunidad científica, a pesar de su breve historia temática en la labor de los investigadores. La naturaleza del tema obliga la vinculación entre la industria AEC y la gestión de proyectos, a fin de mejorar el proceso proyectual arquitectónico en la fase temprana de diseño. El desarrollo y nivel de madurez que deberán de tener las practicas Lean-BIM aplicadas el proceso proyectual arquitectónico a mediano plazo será de gran importancia para el desarrollo eficiente de la Industria AEC, ante un contexto mundial en transición, transmutando los modelos de procesos tradicionales a los de tipo inteligente.

REFERENCIAS

AIA National, & AIA California Council. (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide California Council National*.

al Hattab, M., & Hamzeh, F. (2015). Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM-lean practice for design error management. *Automation in Construction*, *52*, 59-69. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.014

Alizadehsalehi, S., Hadavi, A., & Huang, J. C. (2019). BIM/MR-Lean construction project delivery management system. *2019 IEEE Technology and Engineering Management Conference, TEMSCON 2019*. https://doi.org/10.1109/TEMSCON.2019.8813574

Angelica, M., Fernández-Medina, E., & Piattini, M. (2005). *FCD-Master Data Exchange based on ISO 8000-1x0 View project PETISI ONLINE UNTUK MENTERI KESEHATAN INDONESIA, BAPAK TERAWAN AGUS PUTRANTO View project*. https://www.researchgate.net/publication/251671565

Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O’Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, *20*(2), 189-195. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016

Bhat, V., Trivedi, J. S., & Dave, B. (2018). Improving design coordination with Lean and BIM, an Indian case study. *IGLC 2018 - Proceedings*

of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers, *2*, 1206-1216. https://doi.org/10.24928/2018/0479

Carvajal-Arango, D., Bahamón-Jaramillo, S., Aristizábal-Monsalve, P., Vásquez-Hernández, A., & Botero, L. F. B. (2019). Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. *Journal of Cleaner Production*, *234*, 1322-1337. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.05.216

Clemente, J., & Cachadinha, N. (2013). BIM-lean synergies in the management on MEP works in public facilities of intensive use - A case study. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*, 70-79.

Dave, B., Boddy, S., & Koskela, L. (2013). Challenges and opportunities in implementing lean and BIM on an infrastructure project. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*, 60-69.

Dave, B., Kubler, S., Pikas, E., Holmström, J., Singh, V., Främling, K., Koskela, L., & Peltokorpi, A. (2015). Intelligent products: Shifting the production control logic in construction (with lean and Bim). *Proceedings of IGLC 23 - 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Global Knowledge - Global Solutions*, *2015-Janua*, 341-350.

Demirdöğen, G., Diren, N. S., Aladağ, H., & Işık, Z. (2021). Lean based maturity framework integrating value, BIM and big data analytics: Evidence from AEC industry. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(18). https://doi.org/10.3390/su131810029

Eastman, C., Teicholz, P. M., & Sacks, R. (2008). BIM for the Construction Industry. *In Book: BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors (Pp.207-242)*. https://doi.org/10.1002/9780470261309.ch6

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. *Undefined*.

Eldeep, A. M., Farag, M. A. M., & Abd El-hafez, L. M. (2022). Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study: Using BIM as a lean management tool. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*(2). https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.009

Elmaraghy, A., Voordijk, H., & Marzouk, M. (2018). An exploration of BIM and lean interaction in optimizing demolition projects. *IGLC 2018 -*

Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction towards Mature Production Management across Cultures and Frontiers, *1*, 112-122. https://doi.org/10.24928/2018/0474

Evans, M., Farrell, P., Elbeltagi, E., Mashali, A., & Elhendawi, A. (2020, junio). *Influence of Partnering Agreements Associated with BIM Adoption on Stakeholder's Behaviour in Construction Mega-Projects*. https://www.researchgate.net/publication/342563185_Influence_of_Partnering_Agreements_Associated_with_BIM_Adoption_on_Stakeholder's_Behaviour_in_Construction_Mega-Projects

Evans, M., Farrell, P., & Mashali, A. (2020). Influence of partnering on stakeholder's behaviour in construction mega-projects. *The Journal of Modern Project Management*, *8*(1). https://doi.org/10.19255/JMPM02307

Evans, M., Farrell, P., Mashali, A., & Zewein, W. (2021). Critical success factors for adopting building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi survey. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *19*(2), 537-556. https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2020-0146

Evans, M., Farrell, P., Zewein, W., & Mashali, A. (2021). Analysis framework for the interactions between building information modelling (BIM) and lean construction on construction mega-projects. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *19*(6), 1451-1471. https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2020-0328

Fakhimi, A. H., Sardroud, J. M., & Azhar, S. (2016). How can lean, IPD and BIM work together? *ISARC 2016 - 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 67-75.

Fosse, R., Ballard, G., & Fischer, M. (2017). Virtual design and construction: Aligning BIM and lean in practice. *IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 499-506. https://doi.org/10.24928/2017/0159

Gómez-Sánchez, J. M., Ponz-Tienda, J. L., & Romero-Cortés, J. P. (2019). Lean and BIM implementation in Colombia; interactions and lessons learned. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019*, 1117-1128. https://doi.org/10.24928/2019/0150

Gupta, S., & Moon, S. (2019). Developing lean management framework for building information modelling (BIM)-based construction project. *Proceedings of 22nd International Conference on Advancement of Construction Management and Real Estate, CRIOCM 2017*, 851-861.

Hamdi, O., & Leite, F. (2012). BIM and Lean interactions from the bim capability maturity model perspective: A case study. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*.

Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2021). Analyzing the Association between Lean Design Management Practices and BIM Uses in the Design of Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, *147*(4). https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002014

Khan, S., & Tzortzopoulos, P. (2014). *Effects of the Interactions Between LPS and BIM on Workflow in two Building Design Projects*.

Kitchenham, B. (2004). Procedures for Performing Systematic Reviews. *Joint Technical Report*.

Koskela, L. J. (2018). *Application of the New Production Philosophy to Construction Integrating Planning and Control Activities between Design and Construction Stages in overlapped projects View project BIM implementation View project*. https://www.researchgate.net/publication/243781224

Koskela, L. J., Ballard, G., & Tommelein, I. (2002). *The foundations of lean construction Energy and Cost Efficient Design of Buildings View project supporting the design of competitive organizations by a domain-specific application framework for the viable system model View project*. https://www.researchgate.net/publication/28578914

Mahalingam, A., Yadav, A. K., & Varaprasad, J. (2015). Investigating the role of lean practices in enabling BIM adoption: Evidence from two Indian cases. *Journal of Construction Engineering and Management*, *141*(7). https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000982

Marzouk, M., Elmaraghy, A., & Voordijk, H. (2019). Lean deconstruction approach for buildings demolition processes using BIM. *Lean Construction Journal*, *2019*, 147-173.

Michaud, M., Forgues, E.-C., Carignan, V., Forgues, D., & Ouellet-Plamondon, C. (2019). A lean approach to optimize BIM information flow using value stream mapping. *Journal of Information Technology in Construction*, *24*, 472-488. https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2019.025

Mollasalehi, S., Aboumoemen, A. A., Rathnayake, A., Fleming, A., & Underwood, J. (2018). Development of an integrated BIM and lean maturity model. *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction towards Mature Production Management across Cultures and Frontiers*, *2*, 1217-1228. https://doi.org/10.24928/2018/0507

Mollasalehi, S., Fleming, A., Talebi, S., & Underwood, J. (2016). Development of an experimental waste framework based on BIM/Lean concept in construction design. *IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 193-202.

Nascimento, D. L. D. M., Sotelino, E. D., Lara, T. P. S., Caiado, R. G. G., & Ivson, P. (2017). Constructability in industrial plants construction: a BIM-Lean approach using the Digital Obeya Room framework. *Journal of Civil Engineering and Management*, *23*(8), 1100-1108. https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1385521

Olawumi, T. O., & Chan, D. W. M. (2018). Identifying and prioritizing the benefits of integrating BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts. *Sustainable Cities and Society*, *40*, 16-27. https://doi.org/10.1016/J.SCS.2018.03.033

Pedo, B., Tezel, A., Koskela, L., Whitelock-Wainwright, A., Lenagan, D., & Nguyen, Q. A. (2021). LEAN CONTRIBUTIONS TO BIM PROCESSES: THE CASE OF CLASH MANAGEMENT IN HIGHWAYS DESIGN. *IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges*, 116-125. https://doi.org/10.24928/2021/0164

Sacks, R., Dave, B. A., Koskela, L., & Owen, R. (2009). *ANALYSIS FRAMEWORK FOR THE INTERACTION BETWEEN LEAN CONSTRUCTION AND BUILDING INFORMATION MODELLING*.

Sacks, R., Eastman, C. M., & Lee, G. (2004). Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*, *13*(3), 291-312. https://doi.org/10.1016/S0926-5805(03)00043-8

Sacks, R., Radosavljevic, M., & Barak, R. (2010). *Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction*. Automation in Construction. https://sci-hub.se/10.1016/j.autcon.2010.02.010

Saieg, P., Sotelino, E. D., Nascimento, D., & Caiado, R. G. G. (2018). Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 788-806. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.11.030

Schimanski, C. P., Monizza, G. P., Marcher, C., & Matt, D. T. (2019). Conceptual foundations for a new lean BIM-based production system in construction. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019*, 877-888. https://doi.org/10.24928/2019/0106

Singhal, N., & Ahuja, R. (2018). CAN BIM furnish lean benefits - An Indian case study. *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers*, *1*, 90-100. https://doi.org/10.24928/2018/0425

Solaimani, S., & Sedighi, M. (2020). Toward a holistic view on lean sustainable construction: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, *248*, 119213. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.119213

Srba, J. (2004). *How to Read and Present a Scientific Paper Part I: Reading a Scientific Paper Motivation*.

Tapia, H. F. ;, Palma, R., Ricardo, ;, & Moreno, J. L. (2020). SUPPLY CHAIN INDICATORS IN CONSTRUCTION PROJECTS IN ARGENTINA. En *Iberoamerican Journal of Project Management (IJoPM). www.ijopm.org* (Vol. 11, Issue 1). www.ijopm.org.

Teizer, J., Golovina, O., Embers, S., & Wolf, M. (2020). A Serious Gaming Approach to Integrate BIM, IoT, and Lean Construction in Construction Education. *Construction Research Congress 2020: Project Management and Controls, Materials, and Contracts - Selected Papers from the Construction Research Congress 2020*, 21-30.

Tsai, M.-H., Mom, M., & Hsieh, S.-H. (2011). On Decision-making and Technology-implementing Factors for BIM Adoption. En *Proceeding of the 11th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*. https://www.academia.edu/894660/Mom_M_Tsai_M_H_and_Hsieh_S_H_2011_On_Decision_making_and_Technology_implementing_Factors_for_BIM_Adoption_Proceeding_of_the_11th_International_Conference_on_Construction_Applications_of_Virtual_Reality_November_3_4_2011_Weimar_Germany

Xu, Y. G., & Qian, C. (2014). Lean cost analysis based on BIM modeling for construction project. En *Applied Mechanics and Materials* (Vols. 457-458). https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.457-458.1444

Zamora, C. E. (2020). *Creatividad con Open Data, aproximación desde análisis bibliométrico. Caso: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México)*.

* * *

ESTIMACIÓN COEFICIENTES DE DIFUSIÓN EN ZANAHORIAS COCIDAS A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO

Oscar D. Gálvez[1], Mariela B. Maldonado[2,3], María C. Vargas[3], Graciela Affranchino[3], Juan I. González Pacheco[2,3]

[1] Departamento Materias Básicas, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional.

[2] CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

[3] Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional.

licdanielgalvez@yahoo.com.ar, galvezod2@gmail.com, marielabeatriz1972@yahoo.com.ar

Resumen: El presente trabajo parte de una investigación de fenómeno de transporte, y el objetivo fue cuantificar el fenómeno de difusión de arsénico en zanahoria en el rango de concentraciones de arsénico entre 5 y 15 mgL-1 mediante un modelo de placa delgada. Las zanahorias fueron cocinadas en una solución de arsénico a distintas concentraciones a la temperatura de 99°C. Los datos evaluados mostraron consistencia con el aumento de la concentración de arsénico. Los coeficientes efectivos de difusión calculados a las concentraciones de 5, 10 y 15 mgL-1 fueron de 8,43E-08 m2s-1, 8,47E-08 m2s-1 y 8,92E-08 m2s-1, para la pulpa (DL) y de 12,37E-11 m2s-1, 12,46E-11 m2s-1, y 14,33E-11 m2s-1 para la epidermis (DE) respectivamente. En ensayo a 5 mgL-1 As la difusión de arsénico fue menor que a las concentraciones de 10 y 15 mgL-1 As, donde la velocidad de avance de las moléculas de arsénico disminuyó con el descenso de concentración en la solución de cocción. La energía de activación de la difusión fue de 199,66 KJ mol-1. Se observaron comportamientos similares en distintas posiciones radiales de la zanahoria donde el contenido de arsénico descendió desde la periferia hacia el centro; esto fue consistente con los estudios del fenómeno de difusión con otros solutos en alimentos. Los bajos valores del coeficiente de difusión de la epidermis (DE), en el orden de 10-11 m2s-1, indicaron que esa superficie externa generó una resistencia a la transferencia de soluto desde la solución hacia las partes internas de la zanahoria.

Palabras claves: Zanahoria, modelación matemática, fenómeno de transporte, coeficiente de difusión, arsénico

INTRODUCCIÓN

El HACRE, Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico es una enfermedad producida por la ingesta de arsénico a través del agua de bebida durante un período de tiempo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) redujo el valor de referencia del arsénico en agua potable de 50 a 10 μgL^{-1} (OMS, 2008). A nivel mundial, varios países como Bangladesh, Chile, China, Hungría, India, México, Rumanía, Taiwán, Vietnam y sur-oeste de EE.UU., reportaron cantidades de arsénico superiores a 50 μgL^{-1} en acuíferos (Smedley et al., 2002).En Argentina, alrededor de dos y medio de millones de habitantes están en riesgo de padecer enfermedades relacionadas al arsénico en agua. Mendoza se encuentra entre las provincias más afectadas, (Swiecky et al., 2006). En Argentina, el cultivo anual de zanahorias oscila entre 7.000 y 9.800 hectáreas, las provincias con mayor producción de ese cultivo son: Mendoza, Buenos Aires, Santiago del Estero, Santa Fe, Córdoba y San Juan (Alessandro et al., 2011). Por otro lado, el transporte de agua en alimentos es de gran importancia, como también los cambios microbiológicos y físico-químicos. El transporte de agua desde y hacia los alimentos es esencial para la calidad y conservación de los alimentos. La difusión molecular es el fenómeno de transporte aceptado. (Cussler, 2009; Saravacos et al., 2001; Tijskens et al., 2001). La modelación matemática sirve para explicar el comportamiento y características de un sistema difusional; además puede predecir la situación real de un proceso (Khandaker et al., 2009; Meghwal et al., 2016; Ozilgen, 2011). Se supone que la difusión molecular es la que controla el transporte de agua en los sólidos, donde la fuerza impulsora es un gradiente de concentración (dC/dz) o el gradiente de contenido de humedad equivalente (dX/dz). En realidad la difusión de solutos en una matriz alimentaria es multidimensional, pero en análisis y cálculos simplificados, se considera la difusión unidimensional y se aplica la ecuación de difusión de la segunda ley de Fick (Crank, 1975; Cussler, 2009; Saravacos et al., 2001). En particular, la difusividad de arsénico, en zanahoria no se ha encontrado cuantificada. En cambio, se ha estimado a partir de las difusividades de otros no electrolitos utilizando varias fórmulas empíricas que relacionan la difusividad con el volumen molar (Della Rocca et al., 2014; Melquíades et al., 2009; Zambrano et al., 2007; Zielinska et al., 2010). El objetivo de esta investigación fue

cuantificar el fenómeno de la difusión de arsénico mediante el modelo de placa delgada, como una primera aproximación a fin de conocer los órdenes de magnitud de los coeficientes efectivos de difusión, con la finalidad de caracterizar el proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon zanahorias bienales híbridas obtenidas de un productor de zanahoria de Mendoza, Argentina, del cual se muestreó un lote. Las dimensiones de las zanahorias seleccionadas fueron: longitud 180 ±1,63 mm; peso 152 ±3,74 g; diámetros superior e inferior de 37,4 ±0,51 mm y 26,7 ±0,48 mm respectivamente. La cocción de zanahorias enteras con su epidermis se realizó en un baño termoestatizado a 99°C empleando distintas concentraciones de arsénico. Las soluciones de arsénico usadas en los ensayos se prepararon a partir de solución stock As (III) de 1000 mgL^{-1}, según método normalizado 3114B (APHA, 2005). Se tomaron muestras de zanahoria a diferentes profundidades según Figura 1. A las muestras se les realizó el procedimiento de mineralización por vía húmeda usando ácidos nítrico y sulfúrico concentrados (APHA, 2005; Nielsen, 2010). Las determinaciones de arsénico total se hicieron empleando método normalizado 3114.C (APHA, 2005). En Tabla 1 se describe los ensayos realizados y sus condiciones.

Tabla 1

Ensayos empleados en modelo placa delgada.

Ensayo	Temp. (Cº)	As mgL^{-1}	Intervalo muestreo	Frec. muestreo (minutos)	Tpo. cocción (minutos)	Cantidad muestras
1		5				135
2	99	10	4	7,5	30	135
3		15				135

A las zanahorias se les realizó una secuencia de cortes para obtener las muestras en función de la altura del corte (longitud de la zanahoria) y distancia radial de la muestra. En Figura 1 se muestra la secuencia de cortes para la muestra corte superior. El mismo se practicó para las muestras corte medio e inferior. Previo a la

inmersión de las zanahorias en solución de arsénico se recubrieron los extremos con revestimiento impermeable al agua (pintura asfáltica), para evitar transferencia longitudinal de soluto durante la cocción. Para el procesamiento de datos se usó el software estadístico GraphPad Prism, versión 8.00. La codificación empleada en las leyendas de las Figuras corresponde a una unidad muestral (x1, x2 o x3) proveniente de una región de muestra (superior, medio o inferior) de zanahoria. Por ejemplo: la leyenda "x1" se refiere a la porción de distancia radial próxima a la parte exterior de pulpa de zanahoria, a una región determinada; según se detalla en Figura 1.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante comparación de medias (análisis de varianza/ANOVA). Se realizó una prueba de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey para evaluar la prueba ANOVA en el caso de contar con una diferencia significativa entre las medias

Modelación matemática

Teniendo en cuenta la forma geométrica de las muestras obtenidas, luego de la secuencia de cortes, se planteó un modelo de placa delgada con los siguientes supuestos.

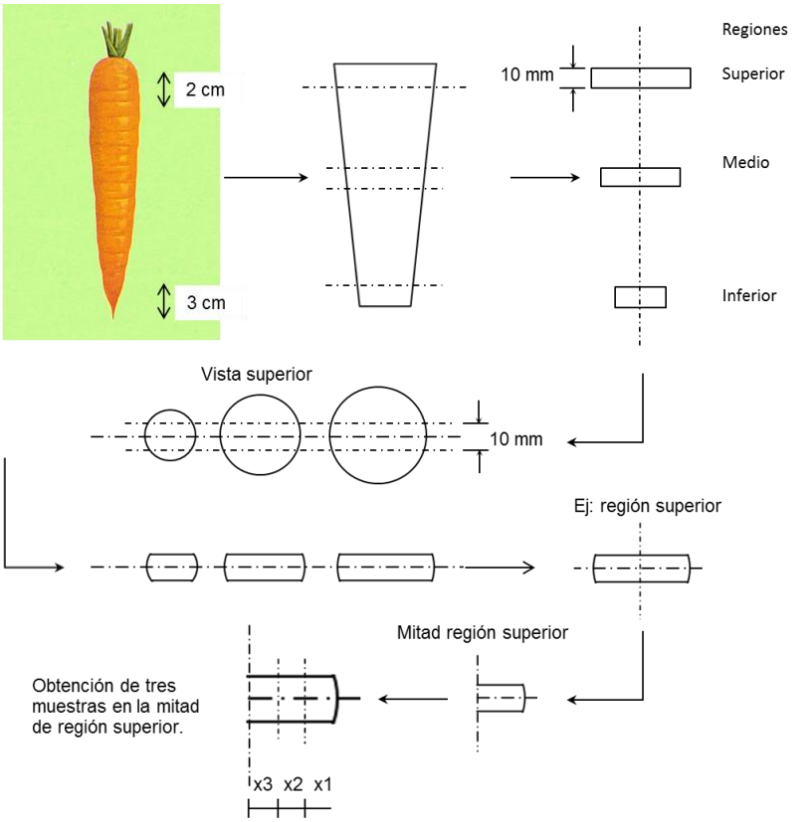
1. La difusión molecular es el único mecanismo de transporte dentro del sólido, de manera que se desprecia transporte convectivo ($v_x=v_y=v_z=0$).
2. La difusión se considera sin generación de sustancias por reacción química.
3. La pulpa de la zanahoria se considera homogénea y sus propiedades isotrópicas.
4. La difusión molecular es unidireccional.
5. Debido a la gran agitación del líquido rodeando las superficies (elevado número de Biot), la concentración en la epidermis adquiere instantáneamente la concentración del líquido según la siguiente relación:

$$C_i\left(x_i,t\right)=C_{i(x\sup)}=C_{soluc}\ ;\ t>0$$

6. Se considera proceso isotérmico.

Figura 1

Secuencia de cortes para la obtención de muestras.

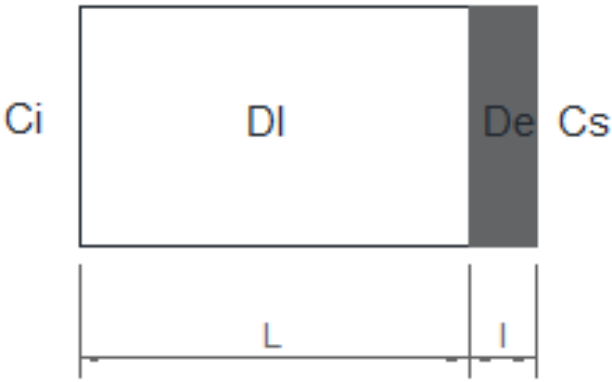


En Figura 2 se muestra el modelo simplificado de placa delgada para la muestra corte superior

Figura 2

Modelo de placa delgada.

.



La ecuación adimensionalizada para el proceso de difusión unidimensional con coeficientes constantes de difusión efectivos a través de la pulpa de la zanahoria (D_L) y epidermis (D_E) es la siguiente, sujeta a las condiciones inicial y de frontera dadas por las Ecuaciones (1) a (2-c):

$$\frac{d\tilde{C}}{d\theta} = \frac{d^2\tilde{C}}{d\tilde{X}^2} \qquad (1)$$

$$\text{CI: } \tilde{C} = 1;\ 0 \le \tilde{X} \le 1;\ \theta = 0 \qquad (2\text{-a})$$

$$\text{CF1: } \frac{d\tilde{C}}{d\tilde{X}} = 0;\ \tilde{X} = 0;\ \theta > 0 \qquad (2\text{-b})$$

$$\text{CF2: } \frac{d\tilde{C}}{d\tilde{X}} = -\frac{D_E / l}{D_L / L}\tilde{C};\ \tilde{X} = 1;\ \theta > 0 \qquad (2\text{-c})$$

La solución de ecuación (1) para placa delgada sujeta a las condiciones de ecuación (2-a,b,c) se muestra en la Ecuación (3):

$$\tilde{C}\left(\tilde{X},\theta\right)=\left[1+\sum_{n=1}^{\infty}2\frac{sen\left(\lambda_n\right)}{\lambda_n}\cos\left(\lambda_n\tilde{X}\right)\right]\exp\left(-\lambda^2\theta\right) \quad (3)$$

Los autovalores de λ_n se obtuvieron de la siguiente autofunción dada por la Ecuación (4):

$$\lambda_n \tan(\lambda_n)=\frac{D_E}{D_L}\frac{L}{l}=\text{cte} \quad (4)$$

La concentración volumétrica promedio se obtiene por integración de la ecuación (6), quedando como muestra la Ecuación (5):

$$\tilde{C}v_m=\frac{1}{V}\int_V \tilde{C}dV \quad (5)$$

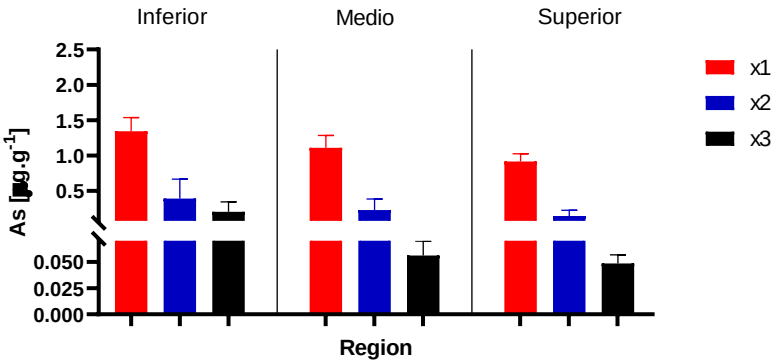
El coeficiente de difusión de la epidermis se calculó de ecuación 7. El valor del espesor de la epidermis, (l), se obtuvo de Escobar-Avila, 2017.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se consideró el tiempo cero a las zanahorias antes de introducirlas en solución arseniosa a la temperatura de ensayo. Se realizó el blanco del ensayo midiendo la concentración de arsénico en zanahorias sin someterlas a cocción a fin de verificar el contenido inicial del mismo. Los datos experimentales representan el valor promedio de tres repeticiones expresadas en microgramo de arsénico total por gramo de zanahoria (µg As/g-zanahoria). A éstos se les descontó el contenido inicial de arsénico. En Figura 3 se muestran los valores experimentales promedio de arsénico de cuatro intervalos de muestreo, para los cortes superior, medio e inferior para ensayo 1 realizado con una concentración de arsénico de 5 mgL^{-1}.

Figura 3

Valores promedio de As (µg g^{-1}) para Ensayo 1 con 5 mgL^{-1} de As.



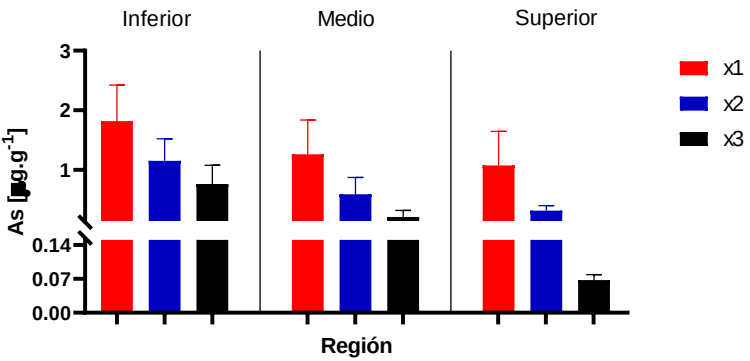
La muestra x1 de la región inferior presentó una concentración de 1,119 µg g^{-1} As a los 7,5 minutos, 1,252 µg g^{-1} As a los 15 minutos, 1,489 µg g^{-1} As a los 22,5 minutos y 1,520 µg g^{-1} As a los 30 minutos, resultando en un valor promedio de 1,345 µg g^{-1} As. Este valor fue mayor que el dato promedio hallado en la muestra x1 de la región media. En esta última a los 7,5 minutos su valor fue de 0,864 µg g^{-1} As, a los 15 minutos el valor hallado fue de 1,120 µg g^{-1} As, a los 22,5 minutos mostró un valor de 1,179 µg g^{-1} As y luego a los 30 minutos con un valor de 1,275 µg g^{-1} As, para finalmente presentar un promedio de 1,110 µg g^{-1} As. La muestra x1 de la región superior a los 7,5 minutos registró una concentración de As de 0,758 µg g^{-1}, a los 15 minutos tuvo 0,943 µg g^{-1} As, a los 22,5 minutos fue de 0,973 µg g^{-1} As y a los 30 minutos de 0,995 µg g^{-1} As, para dar un valor promedio de 0,917 µg g^{-1} As.

La muestra x2 de la región inferior a los 7,5 minutos presentó una concentración de 0,126 µg g^{-1} As, 0,244 µg g^{-1} As a los 15 minutos, 0,443 µg g^{-1} As a los 22,5 minutos y 0,752 µg g^{-1} As a los 30 minutos, con un valor promedio de 0,391 µg g^{-1} As. Siendo este valor mayor que el valor promedio de 0,230 µg g^{-1} As hallado en la muestra x2 de la región media, dato promediado de 0,070 µg g^{-1} As a los 7,5 minutos, 0,136 µg g^{-1} As a los quince minutos, 0,298 µg g^{-1} As para los 22,5 minutos y a los 30 minutos de 0,416 µg g^{-1} As. En muestra x2 región superior los valores de arsénico para los tiempos de 7,5,

15, 22,5 y 30 minutos fueron 0,061, 0,102, 0,184 y 0,238 µg g^{-1} As respectivamente, para un valor promedio de 0,146 µg g^{-1} As.
Por último, la muestra x3 de la región superior a los 7,5 minutos la cantidad de As fue de 0,039 µg g^{-1} As, 0,047 µg g^{-1} As a los quince minutos, 0,048 y 0,059 µg g^{-1} As para 22,5 y 30 minutos respectivos, dando un promedio de 0,049 µg g^{-1} As. Este valor fue menor que la muestra x3 región media, donde se obtuvo un valor de 0,043 µg g^{-1} As a los 7,5 minutos, 0,049 µg g^{-1} As a los 15 minutos, 0,057 µg g^{-1} As para 22,5 minutos y 0,075 a los 30 minutos, con un promedio de 0,056 µg g^{-1} As. Finalmente la muestra x3 de la región inferior arrojó una cantidad 0,204 µg g^{-1} As, resultado promediado de 0,083, 0,112, 0,230 y 0,391 µg g^{-1} As para los cuatro intervalos de tiempo desde el inicio a fin del ensayo 1. Las concentraciones volumétricas promedio fueron de 0,371 µg g^{-1} As para la región superior, 0,465 µg g^{-1} As para la región media y de 0,647 µg g^{-1} As para región inferior. En Figura 4 se muestran los datos de arsénico obtenidos para el ensayo 2 con concentración de arsénico de 10 mgL^{-1}.

Figura 4

Valores promedio de As (µg g^{-1}) para Ensayo 2 con 10 mgL^{-1} As.



En la Figura 4 se observó que en la muestra x1 de la región inferior presentó una concentración de 1,011 µg g^{-1} As a los 7,5 minutos, 1,857 µg g^{-1} As a los 15 minutos, 1,934 µg g^{-1} As a los 22,5 minutos

y 2,471 µg g^{-1} As a los 30 minutos, resultando en un valor promedio de 1,818 µg g^{-1} As. Este valor fue mayor que el dato promedio hallado en la muestra x1 de la región media. En esta última a los 7,5 minutos su valor fue de 0,536 µg g^{-1} As, a los 15 minutos el valor hallado fue de 1,223 µg g^{-1} As, a los 22,5 minutos mostró un valor de 1,346 µg g^{-1} As y luego a los 30 minutos con un valor de 1,938 µg g^{-1} As, para presentar un promedio de 1,261 µg g^{-1} As. La muestra x1 de la región superior a los 7,5 minutos registró una concentración de As de 0,274 µg g^{-1}, a los 15 minutos tuvo 1,077 µg g^{-1} As, a los 22,5 minutos fue de 1,328 µg g^{-1} As y a los 30 minutos de 1,607 µg g^{-1} As, para dar un valor promedio de 1,072 µg g^{-1} As.
La muestra x2 de la región inferior a los 7,5 minutos presentó una concentración de 0,795 µg g^{-1} As, 1,012 µg g^{-1} As a los 15 minutos, 1,120 µg g^{-1} As a los 22,5 minutos y 1,668 µg g^{-1} As a los 30 minutos, con un valor promedio de 1,149 µg g^{-1} As. Siendo este valor mayor que el valor promedio de 0,589 µg g^{-1} As hallado en la muestra x2 de la región media, dato promediado de 0,213 µg g^{-1} As a los 7,5 minutos, 0,541 µg g^{-1} As a los quince minutos, 0,786 µg g^{-1} As para los 22,5 minutos y a los 30 minutos de 0,818 µg g^{-1} As. En muestra x2 región superior los valores de arsénico para los tiempos de 7,5, 15, 22,5 y 30 minutos fueron 0,207, 0,303, 0,324 y 0,413 µg g^{-1} As respectivamente, para un valor promedio de 0,312 µg g^{-1} As.
Por último, la muestra x3 de la región superior a los 7,5 minutos la cantidad de As fue de 0,056 µg g^{-1} As, 0,061 µg g^{-1} As a los quince minutos, 0,071 y 0,081 µg g^{-1} As para 22,5 y 30 minutos respectivos, dando un promedio de 0,068 µg g^{-1} As. Este valor fue menor que la muestra x3 región media, donde se obtuvo un valor de 0,101 µg g^{-1} As a los 7,5 minutos, 0,120 µg g^{-1} As a los 15 minutos, 0,300 µg g^{-1} As para 22,5 minutos y 0,306 a los 30 minutos, con un promedio de 0,207 µg g^{-1} As. Finalmente la muestra x3 de la región inferior arrojó una cantidad 0,760 µg g^{-1} As, resultado promediado de 0,433, 0,570, 0,907 y 1,131 µg g^{-1} As para los intervalos de tiempo desde comienzo a fin del ensayo 2.
Las concentraciones volumétricas promedio fueron de 0,484 µg g^{-1} As para la región superior, 0,686 µg g^{-1} As para la región media y de 1,242 µg g^{-1} As para región inferior. En Tabla 2 se muestran los datos de arsénico obtenidos para el ensayo 3 con una concentración de 15 mgL^{-1}. En Tabla 2, la muestra x1 de la región inferior presentó un valor promedio de 4,357 µg g^{-1} As. Este valor

fue mayor que el dato promedio hallado en la muestra x1 de la región media con 2,826 µg g^{-1} As. La muestra x1 de la región superior registró una concentración promedio de 2,422 µg g^{-1} As. En la región inferior se obtuvieron los mayores valores de arsénico respecto a las otras regiones media y superior. La muestra x2 de la región inferior tuvo un valor promedio de 1,706 µg g^{-1} As., dato mayor que los valores promedios de 0,951 µg g^{-1} As y 0,597 µg g^{-1} As de las muestras x2 de las regiones media y superior respectivamente.

Tabla 2

Valores promedio de As (µg g^{-1}) para Ensayo 3 con 15 mgL^{-1} As.

	Tiempo (minutos)					
Muestra-Región	**7,5**	**15**	**22,5**	**30**	**Conc. As promedio µg g^{-1}**	**Conc. As p/región µg g^{-1}**
x1superior	1,495	2,223	2,973	2,996	2,422	
x2superior	0,095	0,380	0,760	1,151	0,597	
x3superior	0,056	0,061	0,071	0,081	0,068	1,029
x1media	1,982	2,825	3,163	3,333	2,826	
x2media	0,306	0,767	1,106	1,627	0,951	
x3media	0,101	0,120	0,300	0,339	0,215	1,331
x1inferior	3,987	4,416	4,465	4,559	4,357	
x2inferior	0,421	0,898	2,222	3,284	1,706	
x3inferior	0,159	0,519	1,225	1,411	0,828	2,297

La muestra x3 de la región inferior con un promedio de 0,828 µg g^{-1} As., fue mayor a los promedios de arsénico de la región media con 0,215 µg g^{-1} As y de 0,828 µg g^{-1} As para la región superior. Las concentraciones volumétricas promedio fueron de 1,029 µg g^{-1} As para la región superior, 1,331 µg g^{-1} As para la región media y de 2,297 µg g^{-1} As para región inferior.

Los datos experimentales constataron el comportamiento de las leyes de la difusión en función de la concentración, donde el

aumento del gradiente de concentración conlleva una mayor cantidad de soluto difundido en la zanahoria a través de las distancias radiales y regiones, a iguales tiempos de medición (Carslaw et al., 1959; Crank, 1975; Saravacos et al., 2001). En Tabla 3 se presentan la energía de activación y los valores medios de los coeficientes de difusión efectivos de arsénico piel y pulpa de zanahoria para los tres tratamientos a distintas concentraciones de arsénico.

Tabla 3

Coeficientes efectivos promedio de difusión y Energía de activación en modelo placa delgada.

Conc As (mgL^{-1})	D_L. E-08 (m^2s^{-1})	SD .E-08 (m^2s^{-1})	D_E .E-11 (m^2s^{-1})	SD.E-11 (m^2s^{-1})	Ea ($KJ.mol^{-1}$)	D_0.E+21 (m^2s^{-1})	r^2
5	8,43[a]	5,25	12,37[a]	8,42	199,66	3,86	0,968
10	8,47[a]	4,45	12,46[a]	7,55			
15	8,92[a]	4,99	14,33[a]	8,94			

Los resultados de D_L y D_E se expresan como medias ± SD (n = 36). Los valores medios con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente ($p < 0,05$).

Del análisis de Tabla 3 se observó que los valores de D_L y D_e aumentaron al incrementar la concentración de arsénico en la solución durante la cocción de las zanahorias. Con una disminución de 10 mgL^{-1} As entre los ensayos 3 y 1 y de 5 mgL^{-1} As respecto a los ensayos 3 y 2, la disminución porcentual de los coeficientes efectivos de pulpa de zanahoria (D_L) fueron de 5,5% y 5,0% respectivamente, a su vez, los coeficientes efectivos de difusión para distintas concentraciones no fueron significativamente diferentes, esto podría indicar que la concentración no afecta directamente a dichos coeficientes.

Los bajos valores del coeficiente de difusión de la epidermis (D_E), indican que esa superficie externa generó una resistencia a la transferencia de soluto desde la solución hacia las partes internas de la zanahoria. Esto es consistente con lo hallado por Maldonado et al. (2003).

Los valores hallados de difusividad de arsénico en zanahoria estuvieren en el orden de 1,37E-08 a 8,44E-08 m^2s^{-1}, estos fueron consistente con lo hallado por Melquiades et al. (2009), en procesos

de hidratación o rehidratación de zanahorias peladas y cortadas en placas entre 3,46E-10 a 4,59E-10 m^2s^{-1} en el rango de temperaturas entre 40-80°C, (Melquíades et al., 2009). Por su parte, Zambrano et al. (2007) reportó coeficientes de difusión de agua entre 6,11E-09 a 3,18E-09 m^2s^{-1} a temperaturas entre 50-93°C para zanahorias liofilizadas. Della Rocca et al. (2014) hallaron un valor del coeficiente de difusión efectiva del agua de 1,57E-9 m^2s^{-1} por Osmodehidrocongelación (Della Rocca et al., 2014; Zambrano et al., 2007). Ambos valores son consistentes con los hallados en este trabajo.

También los coeficientes de difusión reportados en la Tabla 2 son consistentes con Saravacos y Maroulis (2001) quienes hallaron valores típicos de difusividad de humedad de varios productos alimenticios a distintas temperaturas, entre ellos para zanahoria: 2,00E-10 m^2s^{-1} a 30°C, de 2,20E-12 a 7,46E-09 m^2s^{-1} para 20ºC y 100ºC. Por su parte esto valores son menores que los hallados por Matusek et al. (2002) para difusión de azucares en zanahorias, cuyos valores fueron del orden de 10^{-11} m^2s^{-1} lo cual es consistente dado que la masa molecular de los azucares es mucho mayor que la del arsénico.

CONCLUSIONES

Se cuantificó el fenómeno de difusión de arsénico en zanahoria para las concentraciones de arsénico 5, 10 y 15 mgL^{-1}.

Las cantidades volumétricas promedio en las tres regiones fueron de 0,494 µg g-1 As para el ensayo 1 realizado con 5 mgL-1 As, 0,804 µg g-1 As para el ensayo 2 con 10 mgL-1 As y 1,552 µg g-1 As para el ensayo 3 con 15 mgL-1 As.

Se observaron comportamientos similares en las distintas regiones donde el contenido de arsénico descendió desde la periferia hacia el centro de la zanahoria, consistente con otros estudios del fenómeno de difusión con otros solutos en alimentos. También, en la región superior de la zanahoria, la muestra con una mayor distancia radial que las regiones medio e inferior; debido a la forma troncocónica de la misma; se demostró una relación inversa entre el grado de avance del arsénico en la zanahoria y la posición radial de la muestra.

Los coeficientes efectivos de difusión calculados a las concentraciones de arsénico de 5, 10 y 15 mgL^{-1} fueron de 8,43E-

08 m^2s^{-1}, 8,47E-08 m^2s^{-1} y 8,92E-08 m^2s^{-1}, para la pulpa (DL) y de 12,37E-11 m^2s^{-1}, 12,46E-11 m^2s^{-1}, y 14,33E-11 m^2s^{-1} para la epidermis (DE) respectivamente. Dependiendo esos coeficientes con la temperatura se verificó por medio de la ecuación de Arrhenius una energía de activación necesaria para la difusión de 199,66 KJ mol^{-1}. Los bajos valores del coeficiente de difusión de la epidermis (DE), indicaron que esa superficie externa generó una resistencia a la transferencia de soluto desde la solución hacia las partes internas de la zanahoria.

AGRADECIMIENTOS
Laboratorio de Análisis de Aguas y Suelos, FRM, UTN Argentina.

REFERENCIAS

Alessandro, M. S., & Gabriel, E. L. (2011). *El panorama varietal del cultivo de zanahoria en Argentina*. Horticultura Argentina.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2007). *Toxicological profile for arsenic (update)* (Report № 657856). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=22&tid=3

Bertello, L. (2015). *Oligoelementos en Medicina*. Editorial Dunken.

Crank, J. (1975). *The Mathematics of Diffusion* (2nd Ed). Clarendon Press.

Cussler, E. L. (2009). *Diffusion: mass transfer in fluid systems.* Cambridge University Press.

Della Rocca, P., Roche, L., Languasco, J., & Mascheroni, R. (2019). Modelado de la Cinética de Conservación de Zanahoria (Daucus Carota) por Osmodehidrocongelación. *Revista Tecnología y Ciencia 24*, 141-159. Recuperado a partir de https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/view/497

García, S. I. (2011). *Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico - HACRE: Módulo de Capacitación*. Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones. Recuperado de https://www.academia.edu/30803429/Hidroarsenicismo_Cr%C3%B3nico_Regional_End%C3%A9mico_Argentino_A_100_a%C3%B1os_de_su_descubrimiento

Guillard, V., Bourlieu, C., & Gontard, N. (2013). *Food structure and moisture transfer: a modeling approach*. Springer Briefs in Food, Health, and Nutrition.

IARC. (2012). A review of human carcinogens. Part C: arsenic, metals, fibers, and dusts. 100 C.

INC. (2015). Instituto Nacional del Cáncer. Carcinógenos en el medio ambiente y el riesgo de cáncer.

Khandaker, N., Brady, P., & Krumhansl, J. (2009). *Arsenic removal from drinking water: a handbook for communities*. Sandia National Laboratories, 0-51.

Lepori, V., & Edda, C. (2015). *Hidroarsenicismo crónico regional endémico en Argentina*. Acta bioquímica clínica latinoamericana, 49(1), 00-00.

Meghwal, M., & Goyal, M. R. (2016). *Food engineering: emerging issues, modeling, and applications*. CRC Press.

Melquíades, Y. I., López, C., & Rosas, M. E. (2009). Estudio de la cinética de rehidratación de zanahoria (Daucus Carota) deshidratadas. *Información tecnológica*, 20(3), 65-72.

OMS. (2008). Guidelines for Drinking-water Quality, Vol. 1, Recommendations.

Ozilgen, M. (2011). *Handbook of food process modeling and statistical quality control*. Crc Press.

Rao, M. A., Rizvi, S. S., Datta, A. K., & Ahmed, J. (2014). *Engineering properties of foods*. CRC press.

Saravacos, G. D., & Maroulis, Z. B. (2001). *Transport properties of foods.* CRC Press.

Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. (2002). A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied geochemistry*, 17(5), 517-568.

Swiecky, C., Garcia, S., Villaamil Lepori, E., Paredes, G., Farías, S., Ponce, R., & Moreno, I. J. E. c. m. A. T. A. S. d. A. y. D. S. A. (2006). Epidemiología del Hidroarsenicismo crónico regional endémico en la república argentina.

Tijskens, L., Hertog, M., & Nicolaï, B. M. (2001). *Food process modelling* (Vol. 59): Woodhead Publishing.

Zambrano, M. L., Rodríguez, D. B., & Álvarez, A. J. I. t. (2007). Estudio cinético y de superficie de respuesta para la rehidratación de zanahorias (Daucus carota) liofilizadas. 18(4), 47-56.

Zielinska, M., Markowski, M. J. C. E., & Intensification, P. P. (2010). Air drying characteristics and moisture diffusivity of carrots. 49(2), 212-218.

* * *

RECURSOS COMPUTACIONALES PARA LA COMPRENSIÓN DE LA TRANSFORMADA WAVELET EMPÍRICA (EWT)

Jesús Rubén Azor Montoya[1]

[1] Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza, UM

jesus.azor@um.edu.ar

Resumen: Con el objeto de ampliar el bagaje se herramientas para el Análisis de Señales, desde la Cátedra de la asignatura se pretende incorporar aquellas que superen a las anteriores en cuanto a su comportamiento, exactitud, tiempo de ejecución, etc. Es este caso, la propuesta apunta a la *Transformada Wavelet Empírica* (EWT) que presenta una excelente respuesta en la descomposición de las señales no lineales y no estacionarias. El método supera al de *Descomposición de Modo Empírico* (EMD) clásico ya que construye una representación adaptativa del mismo, superando a su vez la falta de teoría matemática del EMD. La propuesta de este trabajo intenta desarrollar una mecánica de trabajo e investigación acerca de la EWT, con recursos de 7e utilización en Internet y mediante la utilización de softwares apropiados para internalizar los conceptos y promover aplicaciones, principalmente en trabajos de Tesis de Grado.

Palabras claves: Transformada de Fourier, Transformada Wavelet, Descomposición de Modo Empírico, Filtrado adaptivo.

INTRODUCCIÓN

La Transformada de Fourier (FT) ha sido por mucho tiempo la herramienta más difundida para realizar el análisis espectral de una señal, sin embargo, esta metodología no proporciona información sobre la distribución de frecuencia a través del tiempo.

Sin embargo, si los datos provienen de un proceso no estacionario o no lineal, existen limitaciones y la Transformada de Fourier puede no ser una herramienta adecuada. Para solucionar esta limitación se propuso la Transformada de Fourier de Corto Tiempo (STFT) donde la señal se segmenta en ventanas de tiempo limitado. Luego,

se desliza la ventana del tamaño seleccionado en el eje de tiempo y se aplica la FT en cada segmento. Sin embargo, subsiste un inconveniente que es que durante todo el proceso de análisis la ventana permanece inalterada en cuanto a su “ventana de tiempo”. Como una propuesta superadora, aparece la Transformada Wavelet (WT) que explora la señal con ventanas de ancho variable al convolucionar la señal con una “ondícula” (wavelet) que tiene soporte compacto (es decir con duración prácticamente limitada), deslizante y con la posibilidad de expandirse y contraerse. De este modo, esta técnica es la más comúnmente utilizada en el análisis tiempo-frecuencia.

Con posterioridad se plantea el método de Descomposición de Modo Empírico (EMD) diseñado para descomponer las señales en componentes denominadas Funciones de Modo Intrínseco (IMF) para estudiar y analizar sus frecuencias y amplitudes instantáneas. Entre las principales ventajas de la EMD están la extracción de un número reducido de componentes en comparación con otras técnicas y su aplicación a señales lineales y no lineales, este método se ha desarrollado íntegramente en un sentido empírico y carece de un marco matemático subyacente. En consecuencia, es difícil comprender realmente lo que ofrece el EMD.

La Transformada de Hilbert-Huang (HHT) es el resultado de la Descomposición de Modo Empírico (EMD) y el Análisis Espectral de Hilbert (HSA). Después de la descomposición de modo empírico (EMD), la HHT se aplica a los IMFs para determinar amplitud instantánea, fase instantánea y frecuencia instantánea. La metodología anterior presenta algunos problemas cuando hay algo de ruido en la señal. Para hacer frente a esto, se propuso un EMD Ensemble (EEMD) por lo cual se calculan varias descomposiciones EMD de la señal original corrompida por diferentes ruidos artificiales. Luego, el EEMD final es el promedio de cada EMD. Esta solución estabiliza la descomposición obtenida, pero aumenta fuertemente el costo computacional. Debido al hecho que el método EMD es un enfoque algorítmico que, dada su no linealidad, es difícil de modelar, aparece como alternativa superadora la Transformada Wavelet Empírica (EWT).

TRANSFORMADA WAVELET EMPÍRICA (EWT)

La principal diferencia de esta transformada respecto de la EMD (Azor Montoya, 2021) es que funciona en el espacio de frecuencias en vez de hacerlo en el temporal como la segunda. Además, tiene una sólida base matemática que no la tiene EMD. Por otra parte, EWT es un método de análisis de datos adaptivo que descompone la señal en diferentes modos sin utilizar la “rigidez” de bases que proponen tanto la Transformada de Fourier (FT) como la Transformada Wavelet (WT).

La EWT primero estima los componentes de frecuencia presentados en la señal dada, luego calcula los límites y extrae los componentes oscilatorios en función de los límites calculados. Al igual que la WT, se basa en la construcción de un conjunto de filtros pasa-banda, pero en este caso, circunscriptos a dónde se encuentre la información más relevante en el espectro de la señal.

En la Transformada Wavelet tradicional, los filtros pasa-banda presentan una respuesta en frecuencia como la mostrada en la figura 1. En cambio, en la EWT, se plantean filtros de Meyer asociados a los límites (*boundaries*) derivados de la FFT aplicada a la señal, más precisamente con los puntos de mayor energía de la misma. Esto se percibirá más claramente a lo largo del trabajo.

De este modo, la EWT es una herramienta mucho más eficaz que la WT en la separación de modos en la señal en cuestión. Gilles en su trabajo fundacional de esta técnica (Gilles, 2013) genera una función escalante en base a la wavelet analítica de Meyer y otras tantas funciones wavelets asociadas con la cantidad y ubicación de los límites (*boundaries*), De modo que, a través de las correspondientes convoluciones con la señal a procesar se obtengan las componentes *ewt* que sumadas reproduzcan la señal original con un error insignificante.

Gilles en su Toolbox (Gilles, 2019) propone varias funciones para su análisis. En este caso y a modo de ilustrar los conceptos asociados con la Transformada Wavelet Empírica, se habrá de utilizar la señal denominada *sig1* que está expresada en una de las carpetas del paquete como el archivo *sig1.mat*. Esta señal es la suma de una función lineal (creciente de 0 a 6), un coseno de amplitud unitaria con frecuencia de 4 Hz y otro coseno de 0.5 de amplitud con frecuencia de 20 Hz. La señal se muestrea a fs = 2 kHz y se puede apreciar en la figura 2.

Figura 1

Respuesta en frecuencia del filtro pasa-banda (□, wavelets en negro) y paso-bajo (□□ Escalante en azul) cubriendo la banda [0 fs/2] o equivalentemente [0π]

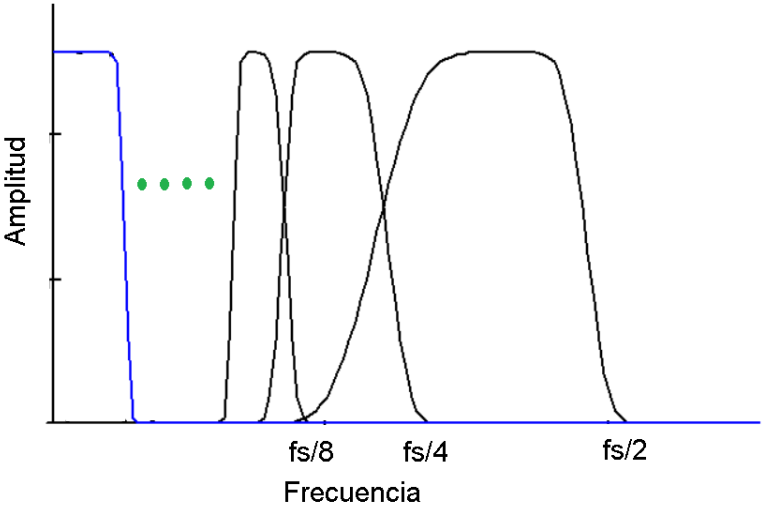
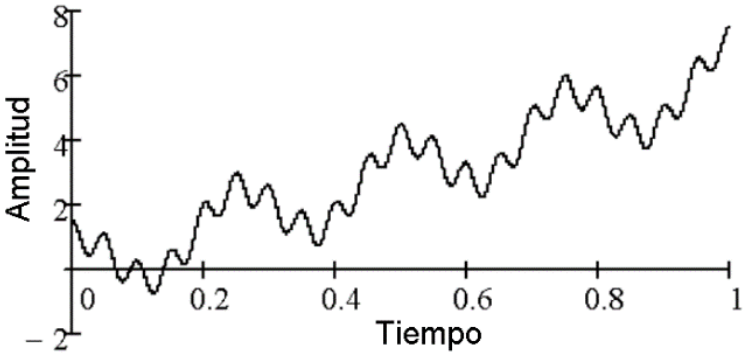


Figura 2

Señal de prueba para la utilización del Toolbox.



La Transformada de Fourier de *sig1*, que será la clave para determinar las funciones escalante y wavelet, tiene la forma indicada por el trazo negro en la figura 3. Donde se pueden apreciar la fuerte componente de continua, el pico de los 4 Hz y el pico más atenuado de los 20 Hz. Basada en esta operación, el Toolbox determina los siguientes límites (*boundaries*): 0.0094 y 0.0596 que están expresados en fracciones de π. Para indicarlos en términos de frecuencia se debe operar como se indica en la Ecuación (1). Estos valores se aprecian en la figura 4 con rayas verticales azules.

$$0.0094*(fs/2)/\pi=2.292 \text{ Hz y } 0.0596*(fs/2)/\pi=18.971 \text{ Hz} \quad (1)$$

Con la aplicación de la Transformada Wavelet Empírica, a partir de los dos límites obtenidos se pueden graficar las correspondientes funciones Escalante (ϕ) y wavelets (ψ) que en la disposición del Toolbox quedan asignadas a los vectores *mdb{1}* para ϕ y *mdb{2}* y *mdb{3}* para ψ.
Si bien la función *Show_EWT_Filters (mfb,f)* permite graficar la función escalante (ϕ) y las funciones wavelet (ψ) generadas a partir de la señal que está siendo procesada (en este caso *sig1*), es preferible disponer de los vectores para presentar una estructura más didáctica como la de la figura 4.
Allí se muestran la función escalante (en rojo) y las dos wavelets asociados (en verde y negro) con los límites (*boundaries*, en la nomenclatura del Toolbox) en azul. Una vez asimilados estos conceptos básicos de la operación de la EWT, es el momento de ejecutar los segmentos desarrollados por Gilles en su Toolbox (Gilles, 2019) para obtener los resultados que se muestran en la figura 5.

Figura 3

Transformada de Fourier de Sig 1 y los límites (boundaries) calculados por el Toolbox (en azul).

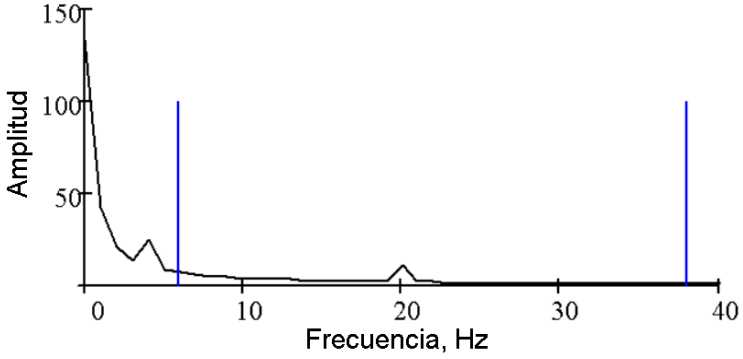


Figura 4

Respuesta en frecuencia de los filtros de Meyer pasa-banda (ψ, EWT en negro y verde) y paso-bajo (ϕ, Escalante en rojo).

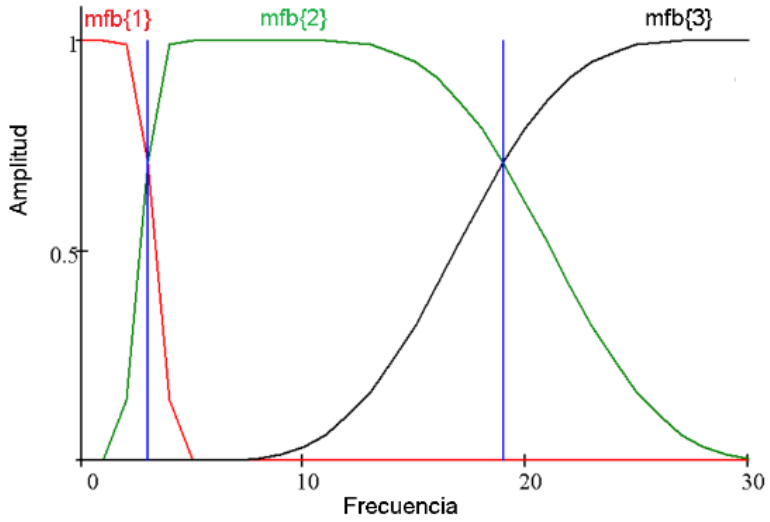
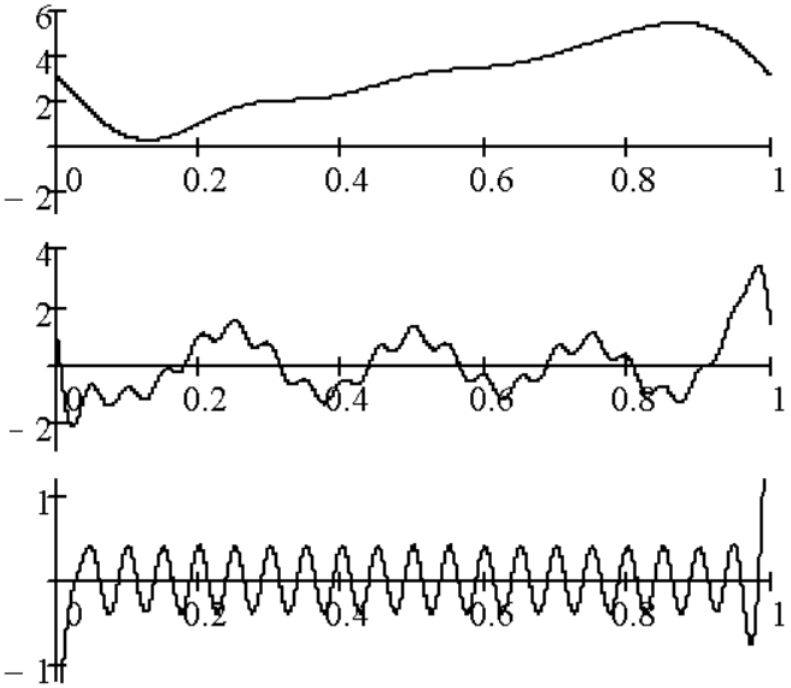


Figura 5

Descomposición EWT de la señal *sig1*.



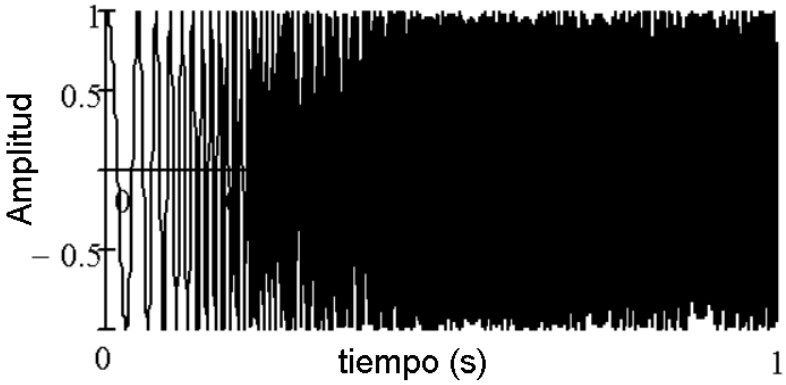
EWT APLICADA A UN CHIRP

Es interesante el análisis de esta señal ya que permite mostrar cuán adecuada es EWT respecto de EMD en la detección de modos de la misma. En la figura 6 se muestra un chirp de amplitud unitaria cuya frecuencia crece linealmente desde 1 a 450 Hz. Utilizando el Toolbox de Gilles, se obtiene la descomposición EWT del chirp que se puede observar en la figura 7. Como se ve, la EWT puede detectar la presencia de modos en el espectro y proporciona diferentes componentes que están cerca de los originales. En

cambio, si se aplica la transformación emd falla para el caso del chirp, al no haber variación de amplitud, siendo la salida la misma señal, como se puede apreciar utilizando la función *emd.m* que se puede obtener de Magrin-Chagnolleau, I. (n.d.).

Figura 6

Chirp a analizar



APLICACIONES DE LA EWT

W. Liu y W. Chen (2019) presentan una descripción general de los avances recientes realizados en la investigación sobre el algoritmo EWT y sus aplicaciones de vanguardia en una amplia gama de áreas.

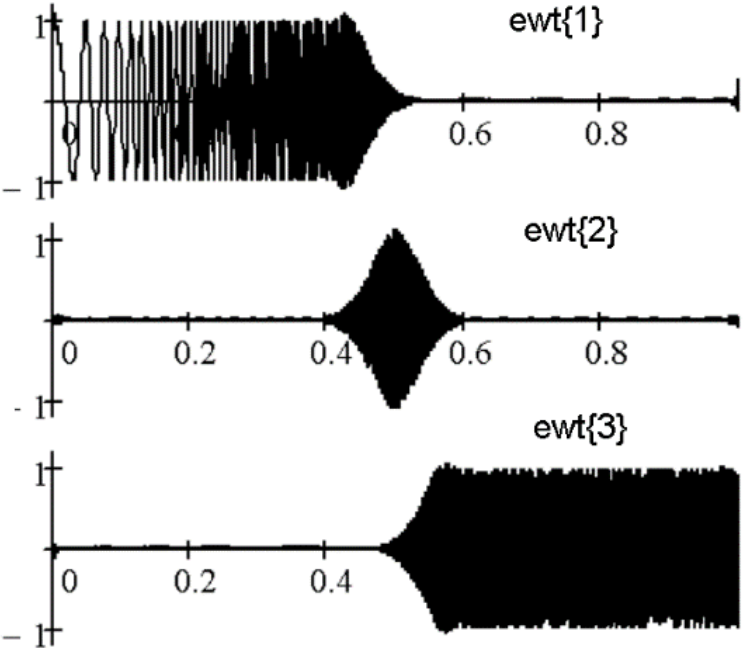
Por su parte, Chavez Alegria, O. et al (2015) aplica esa transformación para la detección sísmica en señales geomagnéticas de ultra baja frecuencia (ULF). Presenta una comparación con la transformada wavelet discreta (DWT), mostrando una mejor capacidad de detección de señales sísmicas antes, durante y después del sismo principal que las obtenidas por la DWT.

Dado que uno de los factores clave en la descomposición de la señal mediante la EWT es la segmentación del espectro, con el

objeto de seleccionar los picos útiles Yue, H. et al (2017) modifican el algoritmo de segmentación adoptando el enfoque de envolvente basado en el filtro de estadísticas de orden (OSF) y aplicando criterios para seleccionar picos útiles.

Figura 7

Descomposición del chirp mediante EWT.



Con estas medidas, el método propuesto obtiene una segmentación perfecta en la descomposición de señales ruidosas y no estacionarias. Además, se utilizan señales simuladas y experimentales para verificar la efectividad del método propuesto.

En el campo de la bioingeniería, Singh, O. & Sunkaria R. K. (2017) utilizan un nuevo enfoque para filtrar la desviación de la línea de base y la interferencia de la línea eléctrica de la señal de ECG.
Su comportamiento como filtro se compara con los filtros lineales estándar y la descomposición en modo empírico. Los resultados muestran que EWT ofrece una mejor performance.
También, Oung, Q.W. et al (2018) aplicaron EWT para descomponer las señales de datos de voz y de movimiento para extraer varias características que tenían la capacidad de diferenciar la Enfermedad de Parkinson de los sujetos sin ella, incluido su nivel de gravedad, con precisiones de clasificación de más del 90 %.
Dentro de las aplicaciones en análisis de imágenes, Hurat, B. et al (2020) construyen filtros wavelet empíricos 2D basados en una partición arbitraria del dominio de la frecuencia mostrando la efectividad en aplicaciones de desconvolución de imágenes y segmentación de texturas no supervisadas.
El método de EWT es utilizado en el análisis de la señal de alta frecuencia por Liang, D., et al (2016) después de una falla de la red de puesta a tierra para revelar la estructura de frecuencia de manera efectiva y distinguir la gravedad de la disrupción de la red.
En el mismo ámbito, Shankar Reddy, R. & Rao, R. (2016) mediante la EWT evalúan con éxito todo tipo de perturbaciones de la calidad de la energía, como caídas, subidas, interrupciones, transitorios, armónicos, picos, muescas, etc., detectando la hora de inicio, la hora de finalización y la duración de la perturbación y su contenido con mayor precisión.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado la aplicación de la Transformada Wavelet Empírica a través de recursos de libre disposición en Internet, mediante la cual se optimiza el algoritmo de la Transformada Wavelet. Este método de descomposición es adaptativo y presenta ventajas con respecto a EMD, primordialmente en su fundamentación matemática. A partir de un procedimiento plenamente replicable desde este trabajo, lo hace adecuado para complementar el desarrollo teórico que implica la enseñanza de esta transformada en un curso de Análisis de Señales avanzado.

REFERENCIAS

Azor Montoya, J. R. (2021). Modelo didáctico para la comprensión de la Transformada de Hilbert-Huang. En L. E. Gómez, G. A. Cuadrado & D. R. Salatino (Ed.), *Investigación y Educación en Ciencias de la Ingeniería Vol. 2* (p. 103-114). Universidad Tecnológica Nacional.

Chavez Alegria, O. (2015). Empirical Wavelet Transform-based Detection of Anomalies in ULF Geomagnetic Signals Associated to Seismic Events with a Fuzzy Logic-based System for Automatic Diagnosis. En Dumitru Baleanu (Ed.), *Wavelet Transform and Some of Its Real-World Applications*. IntechOpen. doi: 10.5772/61163

Gilles, J. (2013). Empirical Wavelet Transform. *IEEE Transactions on Signal Processing*, *61*(16), 3999-4010. doi: 10.1109/TSP.2013.2265222.

Gilles, J. (2019). Empirical Wavelet Transforms .This toolbox proposes the original implementation of Empirical Wavelet Transforms. *MathWorks.* https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/42141-empirical-wavelet-transforms

Hurat, B., Alvarado, Z. & Gilles, J. (2020). The Empirical Watershed Wavelet. *Journal of Imaging*, *6*(12), 140-162 https://doi.org/10.3390/jimaging6120140.

Liang, D., Minfang, P., Meie, S., Juan, Y., Xianbing, D. (2016). Grounding Grid Fault Diagnosis Based on Empirical Wavelet Transform. En P. Yarlagadda (Eds.), *Advances in Intelligent Systems Research: Proceedings of the 2016 Fifth International Conference on Measurement, Instrumentation and Automation (ICMIA 2016)* (p. 1126-1130). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/icmia-16.2016.117

Liu, W. & Chen, W. (2019). Recent Advancements in Empirical Wavelet Transform and Its Applications. *IEEE Access*, *7*, 103770-103780, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2930529.

Magrin-Chagnolleau, I. (n.d.). Empirical mode decomposition. This version will calculate all the imf's (longer). *Massachusetts Institute of Technology.* http://www.mit.edu/~gari/CODE/HRV/emd.m

Oung, Q.W., Muthusamy, H., Basah, S.N., Lee, H. & Vijean, V. (2018). Empirical Wavelet Transform Based Features for Classification of Parkinson's Disease Severity. *Journal of Medical Systems*, *42*(2), doi: 10.1007/s10916-017-0877-2.

Shankar Reddy, R. & Rao, R. (2016). Empirical Wavelet Transform Based Approach for Extraction of Fundamental Component and Estimation of Time-Varying Power Quality Indices in Power Quality Disturbances. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, *9*(11), 161-180 http://dx.doi.org/10.14257/ijsip.2016.9.11.15.

Singh, O. & Sunkaria R. K. (2017). ECG signal denoising via empirical wavelet transform. *Australasian Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 40(*1*), 219-229, doi: 10.1007/s13246-016-0510-6.

Yue, H., Fucai, L., Hongguang, L. & Chengliang, L. (2017). An enhanced empirical wavelet transform for noisy and non-stationary signal processing. *Digital Signal Processing*, *60*(C), 220–229, https://doi.org/10.1016/j.dsp.2016.09.012.

* * *

ANÁLISIS DE TIEMPO REAL DE TRÁFICO DE REDES DE DATOS MEDIANTE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

José Castro Tramontina[1]; Santiago Pérez[2]; Higinio Facchini[1]

[1] CeReCoN - UTN-FRM

[2] CeReCoN y GIDEC (Grupo de Ecosistemas de Conocimiento) UTN-FRM

santiagocp@frm.utn.edu.ar

Resumen: La convergencia de las áreas de Redes de Datos e Inteligencia Artificial son de especial interés en la actualidad debido a la gran interconexión reinante en la sociedad actual, que se ha visto maximizada frente al contexto pandémico impuesto por el COVID-19. Por su parte, el Aprendizaje Automático y sus bondades, pueden resultar en herramientas de gran utilidad para los analistas de ciberseguridad y administradores de redes, en caso de que los modelos a utilizar sean entrenados e implementados correctamente para la tarea encomendada, y sus resultados comunicados en forma fehaciente y entendible para el personal técnico. Esto resulta en un desafío sumamente interesante para este proyecto, ya que brindará herramientas en ambas áreas para el desarrollo académico y profesional. Los objetivos parciales y sus correspondientes competencias serían: Minería de Datos por Acceso Remoto (Acceso remoto a un dispositivo de red y Captura del tráfico correspondiente); Análisis y Clasificación mediante Técnicas de Aprendizaje Automático (Aplicación de técnicas de Machine Learning o similar sobre el tráfico capturado; Entrenamiento de modelos y Clasificación de tráfico de redes de computadoras); Automatización e implementación en tiempo real de la solución propuesta (Automatización del proceso mediante Bash Scripting, Python o similar y Comunicación de resultados, de forma que constituyan elementos de valor para los analistas de ciberseguridad y administradores de red).

Palabras claves: análisis de tráfico, aprendizaje automático, inteligencia artificial, tráfico de tiempo real

TEORÍA DE INGENIERÍA DE TRÁFICO

El proyecto es parte de la Teoría de Ingeniería de Tráfico de Redes de Datos. La Teoría de Tráfico de Redes es la aplicación de la teoría de la probabilidad a la solución de los problemas relacionados con: la planificación, la evaluación de prestaciones, la operación y el mantenimiento de los sistemas de comunicaciones. El objetivo de la teoría es hacer medible el tráfico usando modelos matemáticos, derivar relaciones entre el grado de servicio y la capacidad del sistema, y convertir la teoría en una herramienta para la planificación de la inversión. Y el objetivo final de la Teoría de Redes de Datos es diseñar sistemas a un costo tan efectivo como sea posible, con un grado predefinido de servicio, cuando se conoce la demanda de tráfico futuro y la capacidad de los elementos del sistema.

La tarea del Ingeniero de Tráfico de Redes es especificar métodos para controlar que el grado de servicio real satisfaga los requerimientos, y especificar acciones de emergencia cuando los sistemas estén sobrecargados u ocurran fallas técnicas. Para esta tarea se requieren métodos para predecir la demanda (medidas de tráfico), métodos para calcular la capacidad de los sistemas y especificación de medidas cuantitativas para el grado de servicio.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, CIENCIA DE DATOS Y SUS APLICACIONES

Por su parte, la Inteligencia Artificial y la Ciencia de Datos son áreas interdisciplinarias que han tomado gran auge en la última década, debido a la gran cantidad de datos que la sociedad produce para el desarrollo de todas sus actividades. Estos datos son analizados mediante métodos científicos, procesos y sistemas empleados para la extracción de conocimiento y/o un entendimiento optimizado de sus diferentes formas, valiéndose de diversas técnicas originarias de la estadística, la minería de datos y el aprendizaje automático, entre otras, para el posterior apoyo a la toma de decisiones de negocio, gobierno y otros rubros donde la sociedad desarrolla sus actividades.

Sin embargo, y luego de realizar un análisis bibliográfico de los artículos de investigación más recientes producidos en estas disciplinas, se determinó que la aplicación de estas técnicas se ha realizado sólo para el análisis de “datasets” (conjuntos de datos) ya

delimitados y consolidados, y no sobre tráfico en tiempo real, capturado en forma remota y clasificado luego de ser analizado mediante alguna técnica particular, en forma automatizada. La Inteligencia Artificial es un tema de vanguardia, pero sus potenciales aplicaciones actuales se concretan sobre áreas como el procesamiento de lenguaje natural, robótica, análisis de redes sociales, análisis de imágenes y apoyo a la toma de decisiones de negocio, entre otras, quedando las Redes de Datos relegadas a un segundo plano. Esto debe ser revertido, de modo de aprovechar las bondades que la Inteligencia Artificial, actualmente nos provee para nuestras actividades laborales diarias, y no solamente en organismos especializados como los que se detallan en el siguiente párrafo.

En la actualidad, la Ciberdefensa, área de reciente creación en el ámbito de la Defensa Nacional en numerosos países, también se ve beneficiada por estas técnicas. Si bien en Abbas et al (2019); Abdulhammed et al (2018) y Alhawi et al (2018) se detallan aplicaciones iniciales de técnicas de Inteligencia Artificial como parte de sistemas IDS (Intrusion Detection System), IPS (Intrusion Prevention System), clasificación de amenazas y demás herramientas básicas para evitar intrusiones no deseadas en sistemas críticos, estas se encuentran en estados prematuros y no son aplicadas en tiempo real para el análisis de tráfico heterogéneo de redes de datos. Realizando un análisis bibliográfico del ámbito académico, es posible encontrar diferentes enfoques propuestos para el análisis de tráfico de redes de datos, a saber:

- En Demchak (2019) se propuso un enfoque basado en Deep Learning y Machine Learning para clasificación de datos desbalanceados, mediante el cual se detectaron ataques con un 99,99% de precisión. El método propuesto parte de un dataset específico (CIDDS-001) que nuclea tráfico “benigno” simulando un usuario final que lleva a cabo diferentes tareas, y tráfico “maligno” incluyendo escaneo de puertos, ataques por fuerza bruta y ataques DOS. El dataset en cuestión, fue publicado en la plataforma OpenStack en 2017, siendo el más empleado para la investigación sobre detección de tráfico malicioso.
- En Diebold (2012) se desarrollaron dos algoritmos de Machine Learning basados en el análisis de estadísticas de tráfico de payloads. Los algoritmos en cuestión fueron basados en

técnicas K-means y SVM (Support Vector Machine). El dataset empleado fue propietario y contenía tráfico heterogéneo (Web, SMTP, POP3, IMAP, FTP, DNS, BitTorrent, MySQL, SSH, Telnet y tráfico malicioso consistente en diferentes tipos de malware).

- En (Fan, 2017) se realizó el análisis de tráfico para detección de malware específico para el sistema operativo Windows mediante la herramienta “NetConverse”. El tráfico benigno consistía en archivos ejecutables (.exe) que pasaron la prueba de detección de malware 3 veces con 0 alarmas, mediante diferente software anti-malware. Las técnicas utilizadas fueron Bayes Network (BN), Decision Tree (J48), K-Nearest Neighbors (IBK), Multi-Layer Perceptron, Random Forest y Logistic Model Tree (LMT), obteniendo resultados eficaces en un 97.1% y 96.8%, demostrando la posibilidad de detección de malware destinado a ejecutar ramsomware en entornos Windows, basada en el análisis de tráfico heterogéneo.
- El tráfico de dispositivos IoT (Internet of Things) también han sido analizado mediante técnicas de Machine Learning, tal como se describe en Hoi et al (2018). En este caso, el tráfico a analizar fue capturado desde un AP (Access Point) Wi-Fi y capturado en formato. pcap, para su posterior análisis e identificación. Los dispositivos capturados consistían en PCs, smartphones y otros dispositivos IoT. Mediante esta técnica se logró identificar el tráfico IoT con un 99.281% de precisión.

Si bien ya existen diferentes enfoques que se encuentran en sus etapas iniciales, no existen registros bibliográficos que presenten una solución automatizada y ejecutable en tiempo real para la obtención, análisis y clasificación de tráfico de redes de datos en forma remota. Por tanto, en este proyecto se pretende desarrollar una solución automatizada de Minería de Datos para la recolección de Tráfico Heterogéneo de Redes de Computadoras en forma remota, y posterior Clasificación Automática mediante técnicas de Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial, realizando de esta forma un aporte original a las Ciencias de la Computación, que derive en la protección de Infraestructuras Críticas del Sistema de Defensa Nacional (ICSDN), infraestructuras que proveen de servicios esenciales y contribuyen con el normal desenvolvimiento de las

actividades diarias y bienestar de su población, mediante su futura implementación.

BIG DATA: PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE GRANDES CANTIDADES DE DATOS

Conforme avanza la tecnología, la cantidad de datos que debe ser capaz de procesar una red de computadoras es cada vez más abrumante. Este fenómeno se denomina “Big Data” (Mashey, J. R., 1999), y el mismo tiene incidencia en todos los ámbitos de la sociedad, ya que la gran mayoría de las actividades que se realizan hoy en día, se llevan a cabo mediadas por tecnología informática y de telecomunicaciones, que posibilitan el gran nivel de interconexión que se experimenta actualmente. En Johnson (2019) se discute el origen y primera aparición del término, cuya interpretación varía en función del paso del tiempo, del poder de cómputo disponible de la mano de los recursos utilizados actualmente y de los servicios brindados a la sociedad. En efecto, hablar de Big Data en 1990 significaba manejar datos en el orden de los 1024 Megabytes (1 Gigabyte), mientras que en la actualidad se habla de Petabytes (1024 Terabytes) o Exabytes (1024 Petabytes) de información para hacer referencia a este nuevo paradigma (Figuras 1 y 2).

Figura 1

Unidades de capacidad en Big Data

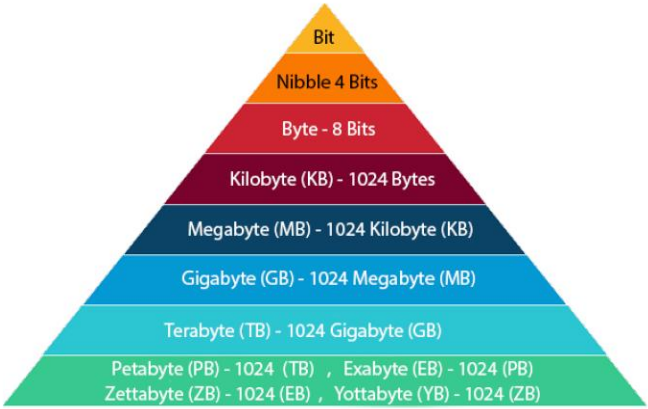


Figura 2

Los 4 niveles de Big Data

LAS 4 Vs DEL "BIG DATA"	
VELOCIDAD	El flujo de datos es masivo y contínuo, y su procesamiento en tiempo real genera información de valor muy valiosa para las organizaciones
VARIEDAD	Los datos provienen de distintas fuentes y en distintos formatos, pudiendo encontrarse estructurados como no estructurados (bases de datos, hojas de cálculo, e-mails, fotos, videos, PDFs, información de sensores, logs, etc.)
VOLUMEN	Gran volumen de datos generado tanto por los usuarios como por los dispositivos empleados
VERACIDAD	Hace referencia al sesgo, ruido y alteración de los datos; es necesario comprobar que los datos capturados y almacenados son representativos y significativos para el problema que se intenta resolver

Teniendo en cuenta que el tráfico de redes de datos heterogéneas varía constantemente, es necesario aplicar enfoques diferentes a los empleados actualmente para datasets "estáticos", o conjuntos de datos que no sufren modificaciones conforme el paso del tiempo.

ONLINE LEARNING: POTENCIAL ENFOQUE PARA SU APLICACIÓN SOBRE TRÁFICO DE REDES DE COMPUTADORAS EN TIEMPO REAL

Existe un enfoque denominado "Online Machine Learning" (OL), Incremental Machine Learning o Out-of-core Learning analizado exhaustivamente en Meidan et al (2017); Shahraki et al (2022) y Taddeo et al (2018). Estas técnicas, comparadas a las soluciones tradicionales de Aprendizaje Automático, aprenden de un ambiente que se encuentra en constante cambio segundo a segundo, tal como lo es una red de datos heterogénea.

El principal objetivo del OL es maximizar la precisión de una secuencia de predicciones y/o decisiones realizadas por el online learner, dado el conocimiento de respuestas correctas a

predicciones o tareas de aprendizaje previas, y eventualmente información adicional, en contraste con los modelos “offline” cuyo aprendizaje se realiza en una sola oportunidad sobre un dataset invariable. La información llega al modelo OL en un orden secuencial, donde el mismo intenta aprender, actualizar y optimizar las predicciones para datos futuros, en cada paso. Se presentan a continuación las diferentes técnicas de OL a analizar en el presente proyecto, para determinar su factibilidad de aplicación y elección de la más adecuada para la solución del problema planteado (Figura 3).

Figura 3

Técnicas de online learning

<table>
<tr><th colspan="3">TÉCNICAS DE ONLINE LEARNING</th></tr>
<tr><td rowspan="2">ONLINE SUPERVISED LEARNING</td><td>ONLINE SUPERVISED LEARNING</td><td rowspan="2">Tareas de aprendizaje supervisado donde la información o “feedback” es siempre revelada al modelo al final de cada ronda de online learning</td></tr>
<tr><td>APPLIED ONLINE LEARNING</td></tr>
<tr><td colspan="2">ONLINE LEARNING WITH LIMITED FEEDBACK</td><td>El modelo de OL recibe un feedback parcial al finalizar cada ronda de aprendizaje</td></tr>
<tr><td colspan="2">ONLINE UNSUPERVISED LEARNING</td><td>El modelo recibe tareas de Online Learning sin ningún tipo de feedback adicional</td></tr>
</table>

OBTENCIÓN DE TRÁFICO DE REDES DE DATOS EN FORMA REMOTA

Con respecto a la obtención del tráfico en forma remota, se prevé el empleo de las siguientes herramientas de software libre para el acceso al dispositivo de administración de red y la captura-almacenamiento del tráfico heterogéneo a analizar:

- TCPDump: analizador de paquetes para línea de comandos. Captura paquetes TCP/IP y de otros protocolos, recibidos o transmitidos, sobre una red a la cual la computadora se encuentre conectada (Figura 4).

- SSH: protocolo de red con protección criptográfica que posibilita la conexión y operación de servicios de red en forma segura, sobre una red insegura (Figura 5).
- Wireshark: analizador de paquetes con interfaz gráfica de usuario (Figura 6).

La automatización del proceso completo se llevará a cabo mediante técnicas de Bash Scripting en sistema operativo GNU/Linux y/o lenguaje de programación Python.

Figura 4

Vista de TCPDump en ejecución

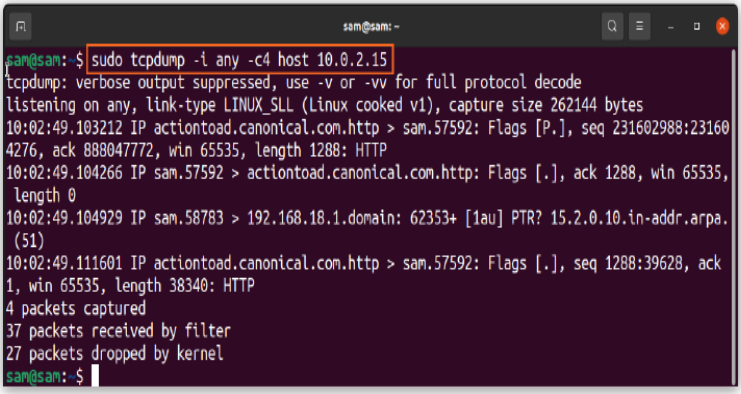


Figura 5

Intercambio de mensajes en SSH

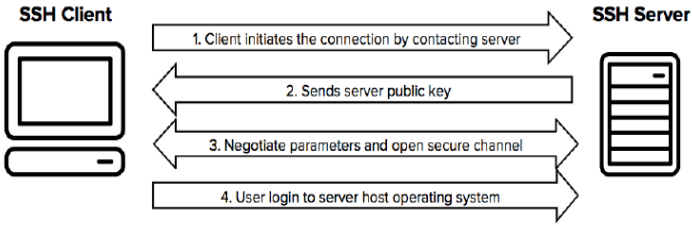
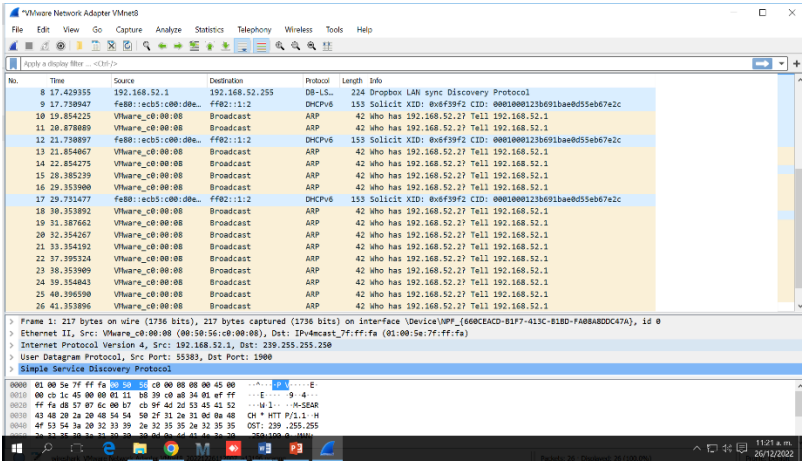


Figura 6

Vista de Wireshark en ejecución



REFERENCIAS

Abbas, N.; Ahmed, T.; Shah, S.; Omar, M. y Park, H. (2019). Investigating the applications of artificial intelligence in cyber security, *Scientometrics*, *121*(2), 1189–1211. doi: 10.1007/S11192-019-03222-9.

Abdulhammed, R.; Faezipour, M.; Abuzneid, A. y AbuMallouh, A. (2018). Deep and machine learning approaches for anomaly-based intrusion detection of imbalanced network traffic," *IEEE sensors Letters*, *3*(1), 1–4.

Alhawi, O.; Baldwin, J. y Dehghantanha, A. (2018). Leveraging machine learning techniques for windows ransomware network traffic detection," En Ali Dehghantanha, Mauro Conti, Tooska Dargahi (Ed.), *Cyber Threat Intelligence. Advances in Information Security* (p. 93–106). Springer Nature.

Demchak, C. (2019). China: Determined to dominate cyberspace and AI, *Bulletin of the Atomic Scientists*, *75*(3), 99–104. doi: 10.1080/00963402.2019.1604857.

Diebold, F. (2012). *On the Origin(s) and Development of the Term 'Big Data*, Penn Institute for Economic Research (PIER) Working Paper Series No. 12-037. Diebold, Francis X., On the Origin(s) and Development of the Term 'Big Data' (September 21, 2012). PIER Working Paper No. 12-037, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=2152421 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2152421

Fan, Z. y Liu, R. (2017). Investigation of machine learning based network traffic classification, *Proceedings of the 2017 International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 2017)*. IEEE (p. 1–6). http://toc.proceedings.com/36835webtoc.pdf

Hoi, S.; Sahoo, D.; Lu, J. y Zhao, P. (2018). Online Learning: A Comprehensive Survey, *Neurocomputing*, *459* (C), 249–289. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.04.112.

Johnson, J. (2019). The AI-cyber nexus: implications for military escalation, deterrence and strategic stability, *Journal of Cyber Policy*, *4*(3), 442–460. doi: 10.1080/23738871.2019.1701693.

Mashey, J. R. (1999). Big Data and the Next Wave of InfraStress Problems, Solutions, Opportunities, *Proceedings of the 1999 USENIX Annual Technical Conference (USENIX ATC 99)*. USENIX Association. https://www.usenix.org/conference/1999-usenix-annual-technicalconference/big-data-and-next-wave-infrastress-problems

Meidan, Y. et al. (2017). ProfilIoT: A machine learning approach for IoT device identification based on network traffic analysis, *SAC '17: Proceedings of the Symposium on Applied Computing*. Association for Computing Machinery (p. 506–509). https://doi.org/10.1145/3019612.3019878

Shahraki, A.; Abbasi, M.; Taherkordi, A. y Jurcut, A. (2022). A comparative study on online machine learning techniques for network traffic streams analysis, *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, *207*(C). doi:10.1016/J.COMNET.2022.108836.

Taddeo, M y Floridi, L. (2018). Regulate artificial intelligence to avert cyber arms race. *Nature*, *556*, 296-298. doi:10.1038/d41586-018-04602-6

* * *

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍA LOCAL EN EL ÁREA DE LA PROTECCIÓN SÍSMICA

Gustavo Gioacchini [1]; Miguel Tornello [1]; Sebastián Panella [1]; Nelson Agüera [1]

[1] Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción Sismología e Ingeniería Sísmica (CeReDeTeC). FRM – UTN
ggioacchini@frm.utn.edu.ar; miguel.tornello@docentes.frm.utn.edu.ar; spanella@frm.utn.edu.ar; naguera@frm.utn.edu.ar

Resumen: La ocurrencia de terremotos en zonas sísmicas densamente pobladas del mundo y en particular las del oeste argentino, conlleva a grandes pérdidas económicas y de vidas humanas. La historia sísmica del país indica que la situación no es muy distinta en relación a otras regiones sísmicas del planeta. Con el objeto de controlar y minimizar el daño ocasionados por los terremotos se han desarrollado, en los últimos años, distintas técnicas de protección sísmica basadas en la disipación de energía y/o el aislamiento sísmico. Dichas estrategias son ampliamente utilizadas en distintas zonas sísmicas del mundo, especialmente en los países desarrollados y también en países vecinos como Chile, Perú y Ecuador, sin embargo, su uso es muy incipiente en la Argentina porque, todos los dispositivos que se utilizan para la protección deben importarse y ninguno de ellos se fabrica en el país. El objetivo principal del trabajo ha sido el diseño y el desarrollo de un dispositivo de aislamiento sísmico para construcciones de mediano porte utilizando tecnología local. Para tal objetico se fabricaron, en colaboración con una empresa local, aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento. Los dispositivos fueron ensayados a cargas verticales y horizontales, con el objeto de caracterizar su comportamiento. Los resultados obtenidos de los ensayos experimentales permitieron concluir que los dispositivos tienen una adecuada capacidad a compresión y al desplazamiento lateral además de un valor muy conveniente de amortiguamiento lo cual, le permite una muy buena disipación de energía. Además de las aceptables propiedades logradas para el dispositivo de aislamiento se estima que uno de los logros más importantes del trabajo fue haber conseguido el diseño y fabricación de un dispositivo con tecnología local situación que nos permitiría que un mayor número de construcciones emplazadas en zonas sísmicas de argentina, la puedan utilizar.

Palabras claves: tecnología, protección sísmica, aislamiento sísmico.

INTRODUCCIÓN

Los terremotos son fenómenos naturales que ocasionan cuantiosos daños materiales y un número significativo de pérdidas de vidas. En muchas regiones del planeta se producen terremotos severos capaces de colapsar estructuras e interrumpir la actividad económica, las líneas de comunicación y los servicios públicos. Una de las principales causas de las grandes pérdidas es la falta de conocimiento sobre la respuesta de las construcciones frente a terremotos severos, sumado a la incertidumbre del comportamiento de los materiales, tipo de suelos, fundaciones, características de las fuentes generadoras de terremotos, etc., lo cual se traduce en diseños, en parte, no adecuados para afrontar la acción de terremotos destructivos.

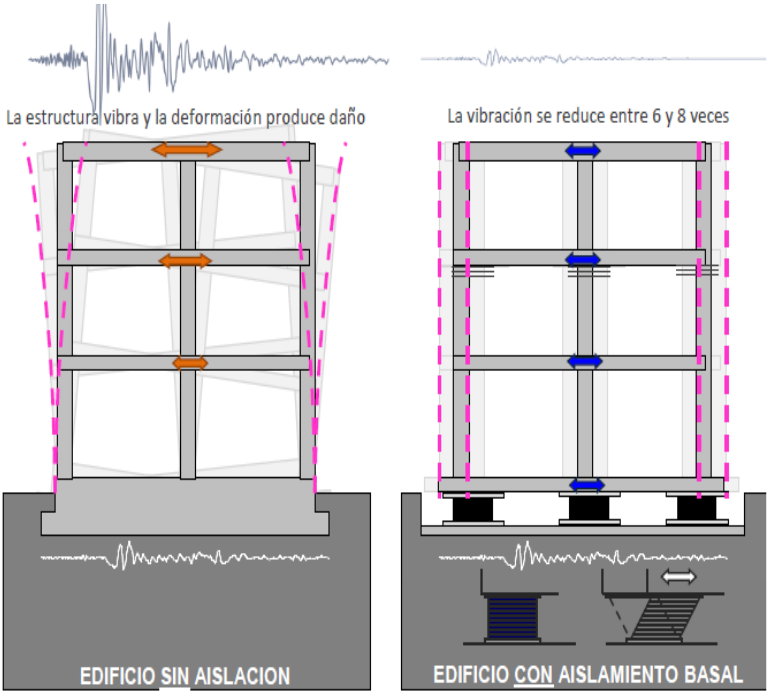
Una de las estrategias no tradicionales para controlar el daño en las construcciones es el aislamiento sísmico. El objetivo fundamental de la estrategia es desacoplar la estructura del suelo de fundación con el objeto de que el movimiento del terreno, durante un sismo no sea transmitido a la superestructura y que ella permanezca esencialmente detenida en un marco de referencia inercial, Figura 1. Por cierto, un desacople perfecto entre suelo y estructura es impracticable actualmente, sin embargo, cualquier sistema de aislamiento busca concentrar en él la deformación impuesta por el suelo, filtrando el movimiento que se trasmite hacia la superestructura. La implementación de dispositivos de aislamiento sísmico permite reducir la demanda sísmica sobre las estructuras y asegurar su capacidad de resistencia frente a terremotos destructivos, por lo tanto, dichas estructuras muestran un comportamiento elástico ante la ocurrencia de importantes terremotos, situación que garantiza la estabilidad de la estructura aislada, la supervivencia de sus ocupantes y contenidos.

Otros de los beneficios importantes de los sistemas de aislamiento es la protección de los contenidos de los edificios (por ejemplo, en el caso de hospitales el equipamiento tiene un costo muchas veces mayores que el edificio mismo). Suministrar una mayor resistencia al edificio, en muchos casos, no garantiza valores aceptables de distorsiones de piso o de aceleraciones en altura. Cantidades elevadas de distorsiones de piso causan daños en los componentes no estructurales y en sus contenidos.

Aumentar la rigidez del edificio permitiría disminuir la distorsión de piso, sin embargo, ello no garantiza una reducción de las aceleraciones, por otro lado, reducir la rigidez del mismo permitiría reducir las aceleraciones, pero no las distorsiones de piso. Los sistemas de aislamiento sísmico permiten controlar simultáneamente los dos parámetros porque el mismo posee la flexibilidad necesaria como para concentrar toda la deformación a nivel de los dispositivos de aislamiento. (Tornello, 2007)

Figura 1

Respuesta de una estructura convencional y una aislada



Los sistemas de aislamiento sísmico no sólo se han utilizado en obras nuevas sino también en proyectos de edificios existentes. El problema que enfrentan las regiones de países desarrollados y no desarrollados emplazados en zonas de peligro sísmico, no es solamente la amenaza permanente de un terremoto destructivo sino, además, que muchos de sus construcciones (civiles, comerciales, industriales y de infraestructura) fueron construidas con códigos de edificación hoy obsoletos y en muchos otros casos con pocas prescripciones sísmicas. En alguna ocasión el edificio podrá ser demolido y reconstruido, en otros no, ya sea por razones económicas, sociales o históricas. Por lo tanto, hoy, los sistemas de aislamiento sísmico resultan ser técnicas no tradicionales para recuperar dichas construcciones con un grado de seguridad aceptable. (Aguiar et al., 2008)

Los antecedentes indican que las técnicas del aislamiento sísmico han sido orientada fundamentalmente a grandes emprendimientos o bien a obras de infraestructura, aspecto que se considera altamente positivo, sin embargo, en países en vías de desarrollo se ha descuidado un gran número de obras, ampliamente difundidas y de construcción masiva (viviendas de uno o dos niveles, edificios comerciales, hoteles y edificios de departamentos de baja altura, estructuras y equipos industriales de bajo peso, equipos de estaciones transformadoras, etc.) que sufren el impacto de un terremoto destructivo de la misma manera que las grandes obras, ocasionando pérdidas económicas y de vidas humanas, retraso socio económico de la región, postergaciones y abandono de las zonas afectadas, etc.

La mayoría de los proyectos utilizan aisladores conformados por planchas de goma vulcanizadas a láminas de acero y en muchos países (Estados Unidos y Nueva Zelanda) con núcleo de plomo para mejorar el amortiguamiento de los dispositivos. Muchos proyectos de aislamiento sísmico, particularmente en Nueva Zelanda y Japón, combinan aisladores de goma natural de alto amortiguamiento con amortiguadores hidráulicos, barras de acero retorcidos o núcleo de plomo dentro del aislador elastomérico. Los núcleos de plomo introducen una no linealidad de la respuesta que en parte complican el análisis teórico y por otro lado reducen el grado de aislamiento para los modos superiores de la excitación sísmica (Naeim y Kelly, 1999). Sin embargo, la presencia de los

amortiguadores hidráulicos funcionando en paralelo con aisladores, conduce a respuestas eficientes del sistema de aislamiento cuando se está en presencia de terremotos asociados a falla cercana. (Kelly, Calabrese y Serino, 2012).

Desde hace más de 25 años, los dispositivos de aislamiento sísmico en Japón ya se han extendido a viviendas. Este hecho caracteriza a Japón en relación a otros países sísmicos del mundo. (Madera Sierra et al., 2018). Algunos trabajos recientes en países de alto riesgo sísmico han estudiado e implementado el comportamiento de un sistema de aislamiento (PPP) para ser utilizado en construcciones de peso ligero y de bajo costo. (Besa, De La Llera y Jünemann, 2010). Otros trabajos han concretado la construcción de una vivienda de un nivel con aislamiento sísmico. Los dispositivos están conformados por elementos de hormigón tipo bielas que cumplen la función de aislar la construcción de las ondas sísmicas. (Revista BIT, 2010).

Si bien los dispositivos que hoy existen comercialmente pueden también utilizarse para el tipo de construcción mencionada en los párrafos precedentes, los mismos tienen, en general, para los países en vías de desarrollo, los siguientes inconvenientes: i) los dispositivos tienen sus propias patentes, ii) no se fabrican en al país y por lo tanto hay que importarlos con el consecuente incremento de los costos, iii) para amortizar su costo es necesario fabricar un número importante de dispositivos de tal manera que no tenga incidencia relevante en el costo de la construcción; iv) no permite generar desarrollos con tecnología local. En el presente trabajo se muestran algunos de los resultados del diseño y fabricación de un dispositivo de aislamiento sísmico elastomérico para bajo nivel de carga axial, con el objeto de ser empleado en las construcciones anteriormente citadas. Se discuten los resultados de los ensayos experimentales para solicitaciones axiales de compresión y solicitaciones horizontales cíclicas, con los cuales se obtienen los diagramas de fuerza – desplazamiento.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL AISLADOR ELASTOMÉRICO

Las características geométricas de los aisladores fabricados en el marco del presente trabajo se muestran en la Figura 2. El aislador está conformado por dos pletinas de acero de conexión, inferior y superior, y por un taco de goma de 200 mm de altura.

Figura 2

Características del aislador estudiado (Dimensiones en "mm")

Los dispositivos de aislamiento estudiados poseen dos diferencias características en relación a los que habitualmente se utilizan a nivel mundial. La primera es que no poseen las planchas de acero intermedias, vulcanizadas a las capas de goma situación que le confiere las siguientes características: i) se reducen notablemente los costos de fabricación, ii) se reduce su capacidad a carga axial y iii) se reduce la rigidez efectiva de los dispositivos.

La segunda característica está centrada en el núcleo del dispositivo de aislamiento. Mientras que los más frecuentemente utilizados a nivel mundial utilizan en algunos casos núcleos de plomo, los aisladores estudiados en el presente trabajo poseen un núcleo de elastómero confinado con un tubo de acero o bien con láminas de fibras (tela cord). Dicha característica también permite una reducción de los costos de fabricación y además plantea un desarrollo tecnológico diferente al conocido en la actualidad.

La fabricación de los prototipos de aisladores sísmicos fue realizada en la empresa PRA BALDI HNOS S.A, al igual que los ensayos del elastómero base. Dicha empresa fabrica y comercializa productos moldeados, extrusados e inyectados en goma y PVC, fundada en Mendoza hace más de 60 años y cuenta con todos los elementos técnicos que hacen al desarrollo de piezas y el control de su producción. Las actividades de investigación que se ejecutan en el

ámbito del presente proyecto apuntan a desarrollar tecnología local a través de una transferencia de conocimiento a la empresa con el objeto de contar con los instrumentos necesarios para realizar la fabricación de los dispositivos en la provincia de Mendoza.
En la fabricación de los dispositivos se tuvo en cuenta las especificaciones recomendadas para que un compuesto de elastómero base sea utilizado para tal fin. Los valores son: Dureza: 60 +/- 10 [shore]; Tensión máxima: > 170 [kg/cm2]; Elongación máxima: > 400 %; Amortiguamiento: > 8 %; Módulo de corte: 7 < G < 8 [kg/cm2]. (Auqui M. V. 2010). Algunos de estos parámetros fueron comparados con los resultados de los ensayos realizados sobre el material base de los aisladores. Los componentes y sus respectivas proporciones en el compuesto de goma utilizado para la fabricación de los dispositivos se resumen en la Tabla 1. (Gioacchini, 2018).

Tabla 1

Componentes del compuesto de la goma utilizada

Compuesto de goma 8654			
Componentes (base 1kg)		Características – propiedades	Cantidad [kg]
Elastómero.	Neopreno W	Elastómero base	0,293
	Caucho Natural		0,245
Cargas	Negro de Humo FEF	Carga negra altamente reforzante de las propiedades físicas	0,234
	Sílice Precipitada		0,088
Auxiliares de Proceso		Cumplen la función de ayudar en el proceso de la elaboración de la mezcla	0,033
Activadores		Activantes del sistema de vulcanización	0,065
Antioxidantes y antiozonates		Se utilizan como protectores de la degradación por oxidación y calor	0,027
Catalizadores y Reticulantes		Ejerce propiedades retardantes durante la vulcanización	0,015

Se realizaron los siguientes ensayos al compuesto utilizado en la fabricación de los dispositivos: Dureza, Resistencia a la tracción máxima y elongación a la rotura y Compresión residual. Para realizar dichos ensayos se confeccionaron dos probetas vulcanizadas bajo presión y temperatura durante 30 minutos. Para los ensayos de tracción se utilizó la probeta tipo dumbell las cuales se ensayaron con un dinamómetro. En la figura 3 se observan las probetas y el dinamómetro utilizado. La elongación última que se determinó en el ensayo corresponde a 417% y la tensión de tracción fue de 174.82 Kg/cm2. La dureza obtenida fue de 65 shore. Este método de ensayo se basa en la penetración de un indentador específico en el material. La compresión residual obtenida fue de 16.76%, este ensayo tiene como objeto medir la capacidad del compuesto de goma a retener sus propiedades elásticas después de una prolongada compresión. (Gioacchini, 2018).

Figura 3

Probetas y ensayos de dureza, tracción y compresión en el material base

La producción de las piezas fue principalmente manual, por lo que la participación de los operarios tuvo un efecto importante en el resultado final. El primer paso en la fabricación de los aisladores fue el de combinar los componentes en una mezcladora mecánica. Una vez que el material toma la consistencia deseada es colado en el molde y llevado a la prensa para su vulcanización. El proceso de

vulcanización consiste en someter al compuesto de goma a una presión de 120 toneladas y una temperatura de 150ºC por un lapso de tiempo de dos horas, la presión, temperatura y tiempo dependen de las dimensiones de la pieza a confeccionar. Finalmente se realiza el desmolde de la probeta. En la figura 4 se observan los moldes de acero macizo que se construyeron especialmente para la fabricación de los prototipos. Los mismos deben resistir las presiones y temperatura a las que son sometidos en el momento de vulcanizar la pieza. En la figura 5 se muestran los prototipos en el momento de su vulcanización y en la figura 6 los mismos ya desmoldados.

Figura 4

Moldes utilizados en la fabricación de los prototipos

Figura 5

Proceso de vulcanizado de los prototipos

Figura 6

Desmolde de los prototipos

ENSAYOS DE LOS PROTOTIPOS DE AISLADORES

Los ensayos a solicitaciones verticales y horizontales cíclicas de los prototipos del nuevo dispositivo de aislamiento sísmico se han realizado en el IMERIS (Instituto de Mecánica Estructural y Riesgo Sísmico) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Para la ejecución de los ensayos fue requerido un pórtico de reacción, un actuador hidráulico de 12 ton para aplicar la solicitación horizontal cíclica, el cual es operado con un equipo de carga hidráulico y cuatro varillas roscadas fijadas a la losa reactiva para aplicar la solicitación vertical. El esquema del ensayo observa en la figura 7.

El sistema de adquisición de datos estuvo compuesto por sensores, hardware de medidas y una PC con software programable en tiempo real. Los sensores utilizados fueron una celda de carga para medir las acciones verticales, una celda de carga para medir las acciones horizontales, un transformador diferencial de variación lineal (LVDT según sus siglas en inglés) para medir los desplazamientos horizontales y tres potenciómetros para medir los desplazamientos verticales. Los aisladores fueron ensayados para dos desplazamientos verticales, 15mm y 30mm. Para cada desplazamiento vertical se realizaron 7 ciclos de desplazamientos horizontales de +/- 10 mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mm, 60mm y 70mm. En la figura 8 se muestran fotografías del ensayo de uno de los prototipos.

Figura 7

Esquema del ensayo de los prototipos

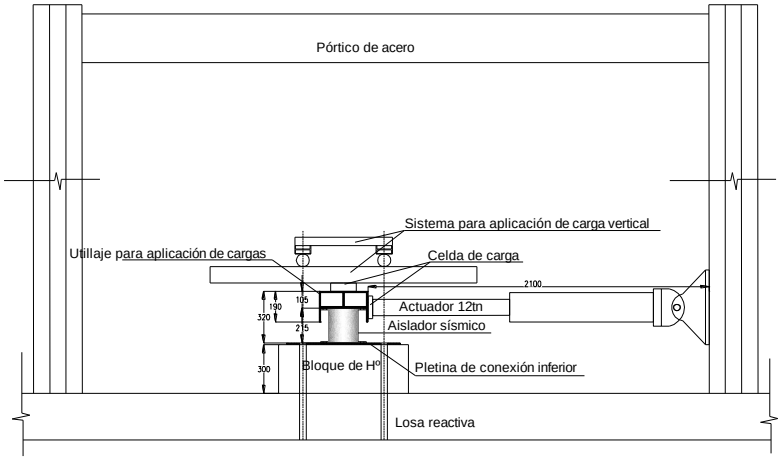


Figura 8

Fotografías del ensayo de uno de los prototipos

RESULTADOS

En el presente trabajo se presentan, solamente, los resultados de los ensayos de los prototipos de aisladores elastoméricos sin núcleo de confinamiento. De los datos obtenidos en los ensayos a

solicitaciones axiales y horizontales cíclicas de los prototipos de aisladores sísmicos se obtuvieron: La relación fuerza – desplazamiento mediante la gráfica de la curva de histéresis.
Los bucles histeréticos o comportamiento no lineal obtenidos de la gráfica fuerza – desplazamiento, con ella se determinará el área promedio y la energía disipada por el aislador. Las fuerzas y desplazamientos máximos, los cuales permitirán obtener la rigidez efectiva.
A continuación, se muestran cualitativamente los gráficos de las relaciones fuerza – desplazamiento. Estudios cuantitativos, relacionados con la energía disipada por el aislador y rigidez efectiva se realizarán en futuros trabajos. En la figura 9 se muestra la relación fuerza – desplazamiento del prototipo de aislador elastomérico sin núcleo de confinamiento (ASN1) para un desplazamiento vertical de 15mm, para el cual se obtuvo una carga vertical de 9 KN. En la figura 10 se muestra la relación fuerza – desplazamiento del prototipo de aislador elastomérico sin núcleo de confinamiento (ASN1) para un desplazamiento vertical de 30 mm, para el cual se obtuvo una carga vertical de 17 KN.

Figura 9

Relación fuerza – desplazamiento para un desplazamiento vertical de 15 mm del prototipo ASN1

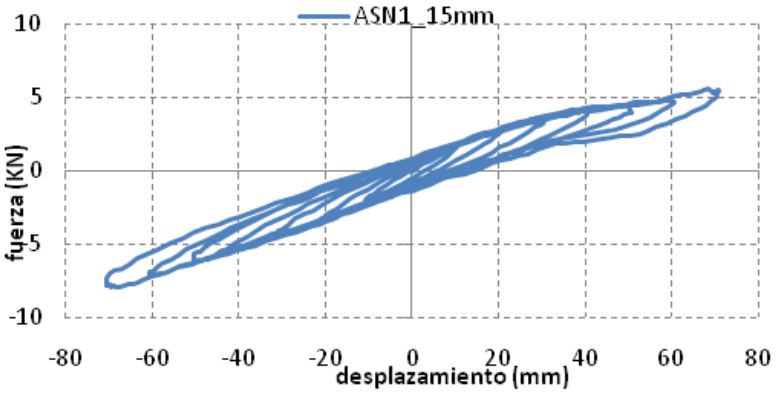


Figura 10

Relación fuerza – desplazamiento para un desplazamiento vertical de 30 mm del prototipo ASN1

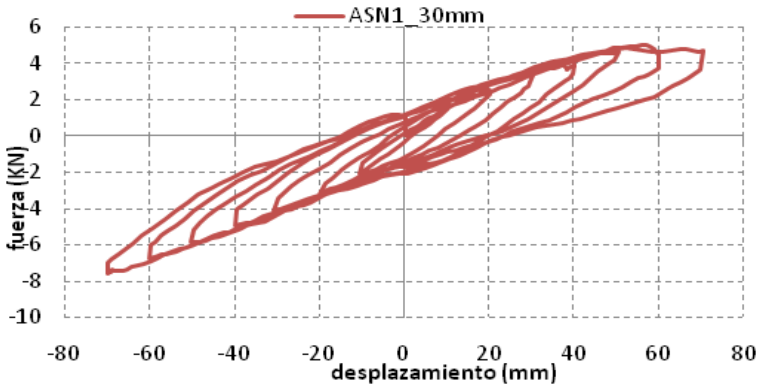
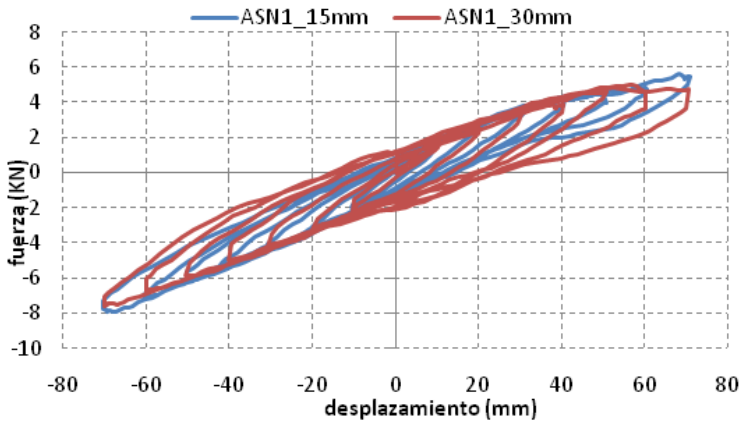


Figura 11

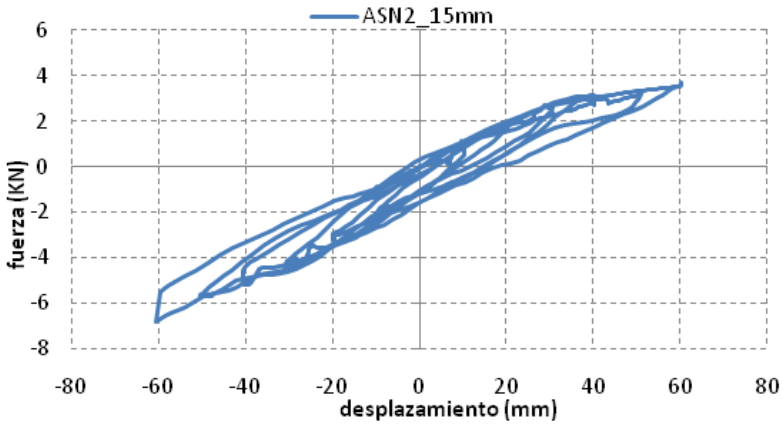
Relación fuerza – desplazamiento para los desplazamientos verticales de 15 mm y 30 mm del prototipo ASN1



En la figura 12 se muestra la relación fuerza – desplazamiento del prototipo de aislador elastomérico sin núcleo de confinamiento (ASN2) para un desplazamiento vertical de 15mm, para el cual se obtuvo una carga vertical de 9,5 KN.

Figura 12

Relación fuerza – desplazamiento para un desplazamiento vertical de 15 mm del prototipo ASN1



CONCLUSIONES

Un análisis preliminar y cualitativo del desempeño y de las respuestas de los prototipos de aisladores ensayados y mostrados en el presente trabajo, indican una muy buena performance de los dispositivos situación que confirma los adecuados procedimientos implementados en la fabricación de los dispositivos.

Los desplazamientos horizontales máximos se alcanzaron sin ningún tipo de falla en los aisladores, situación que indica que los procesos de vulcanizados utilizados durante la fabricación de los mismos fueron los adecuados.

Si se comparan los ensayos realizados sobre los dos prototipos de aisladores elastoméricos sin núcleo de confinamiento, se observa que los resultados obtenidos para ambos son similares.
Para mayores desplazamientos verticales, como consecuencia de una mayor carga axial de compresión, las curvas fuerzas-desplazamientos, encierran áreas mayores, por lo tanto, es posible afirmar que existe una mayor disipación de energía.
La rigidez horizontal efectiva de los prototipos ensayados no presenta significativa degradación cuando se incrementa la carga vertical y la fuerza horizontal. La rigidez efectiva del aislador, se mantiene casi constante lo largo de todo el ensayo y para los escalones de cargas impuestas.
La respuesta de los aisladores sujetos a cargas verticales y horizontales muestra una marcada no linealidad en los ciclos de carga y descarga. Los trabajos futuros se encuentran orientados a determinar el punto de fluencia de los aisladores y la capacidad máxima de los mismos en términos de desplazamiento horizontal último y fuerza horizontal última.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto de Investigación homologado ECUTIME0004335TC de la Universidad Tecnológica Nacional- FRM. Los autores agradecen a las autoridades de la Universidad por el financiamiento brindado al proyecto.

REFERENCIAS

Aguiar R., Almazán J. L., Dechent P., Suárez V. (2008). Aisladores de base Elastoméricos y FPS. Centro de Investigaciones Científicas. *Escuela Politécnica del Ejército, 292 p., Quito, Ecuador.*

Auqui M. V., Aguiar R., Gómez P. Análisis de aisladores sísmicos elastoméricos construidos en el Ecuador (2010). *Proyecto previo a la obtención de título de ingeniero civil.*

Besa, J., De La Llera J. C., Jünemann R. (2010). Experimental behavior and design of a new kinematic isolator. *Engineering Structures. Vol.32, 508-522.*

Gioacchini G., Frau C., Tornello M. (2018). Seismic Protection with low capacity axial elastomeric device. *XXXVIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. ID: XXXVIIIJSIE-02-004.*

Kelly J. M., Calabrese A. y Serino G. (2012). Design criteria for Fiber Reinforced Rubber Bearings. *15WCEE. Lisboa 2012.*

Madera Sierra I, Marulanda J., Thomson P., Losanno D., Spizzuoco M. (2018). Experimental Behavior of Carbon and Polyester fiber Reinforced Isolator in Unbonded configuration. *XXXVIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. ID: XXXVIIIJSIE-05-085.*

Naeim F., Kelly J. (1999). Design of seismic isolated structures. *Editorial Wiley and Sons. INE.*

Revista BIT (2010). Aislación y disipación de energía. Mayo 2010. *(Disponible online www.fiic.la/lxv consejo directivo panama/delallera 2.pdf.).*

Tornello M. (2007). Aislamiento sísmico de base en construcciones civiles, emplazadas en zonas de alto riesgo sísmico. *Director: Dr. Sarrazin A. M. Tesis Doctoral. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza.*

* * *

COMPARACIÓN CUALITATIVA E INSTRUMENTAL DE LAS RESPUESTAS DEL EDIFICIO AISLADO Y EL DE BASE FIJA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA DE LA FRM

Miguel Tornello[1]; Gustavo Gioacchini[1]; Kevyn Cenas[1]; Alejandro Tillar[1]

[1] Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción Sismología e Ingeniería Sísmica (CeReDeTeC). FRM – UTN.
ggioacchini@frm.utn.edu.ar, miguel.tornello@docentes.frm.utn.edu.ar, mtornello54@gmail.com

Resumen: La ingeniería sísmica ha desarrollado en las últimas décadas nuevas estrategias para controlar y reducir el daño de las construcciones frente a terremotos destructivos. Entre ellas se destacan los dispositivos de disipación de energía y los sistemas de aislamiento sísmico. Estas dos estrategias han planteado un cambio del paradigma de la ingeniería estructural sismorresistente, por lo tanto, son muy utilizadas a nivel mundial, pero con una muy escasa aplicación a nivel local y nacional. El presente trabajo sintetiza las respuestas sísmicas medidas en términos de aceleraciones, velocidades y desplazamientos del edificio aislado de la FRM UTN perteneciente a la residencia de estudiantes de la institución. Los resultados corresponden a un periodo de tiempo de más de veinte años a partir del momento en que se registró el primer movimiento sísmico sensible en la región,2005. El proyecto del sistema de aislamiento del edificio, posee instrumental sísmico para el monitoreo tanto del edificio protegido sísmicamente como de otro idéntico, pero, con fundaciones tradicionales. La instrumentación permite comparar las respuestas del edificio de base fija con las mismas características arquitectónicas y estructurales que el edificio aislado distanciados entre ellos, por muy pocos metros. Los resultados encontrados a lo largo de más de dos décadas, no solamente muestran la eficiencia de los dispositivos de aislamiento sísmico instalados y la conveniencia del uso de esta estrategia en construcciones emplazadas en regiones de alto riesgo sísmico sino también, la adecuada performance que ha tenido el instrumental sísmico que se encuentra instalado en el proyecto.

Palabras claves: aislamiento sísmico, instrumental sísmico, registros sísmicos, respuestas estructurales.

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente un tercio de la población mundial habita en zonas expuestas al riesgo sísmico y habitan en edificios con escasas prescripciones sísmicas o bien diseñados con códigos antiguos y obsoletos. Los terremotos son fenómenos recurrentes, pero fuertemente irregulares en cuanto al tiempo de ocurrencia. Precisamente dicho aspecto incide de manera negativa, para ciertas regiones sísmicas, sobre la conciencia de las personas, en general, y de los gobiernos en particular quienes tienen la responsabilidad de asignar los recursos económicos para reducir las vulnerabilidades de las obras esenciales, las cuales, podrían conducir al colapso de las construcciones (Murase M. et al, 2013).

Las construcciones tradicionales diseñadas con códigos modernos pueden considerarse como un progreso significativo dentro de la ingeniería, sin embargo, las mismas siguen presentando limitaciones frente a terremotos destructivos. Precisamente por esta causa es que la atención de muchas investigaciones se ha centrado, en las últimas dos o tres décadas, en poner a punto tecnologías innovadoras para reducir los efectos de los terremotos. Estas nuevas tecnologías, en general, persiguen dos objetivos, el primero superar las limitaciones de una construcción tradicional (admitir daños considerables frente a fuertes terremotos, incluida la inutilización del edificio, aún construidos con códigos modernos) y la segunda asistir las construcciones existentes con escasa o ninguna prescripción sísmica (Tornello M. y Sarrazin M, 2007).

Las estrategias de protección sísmica más utilizadas y difundidas a nivel mundial son, el aislamiento sísmico y los dispositivos de disipación de energía, ambas han mostrados resultados satisfactorios en regiones sísmicas de muy elevada peligrosidad sísmica (Martelli A., 2005).

Sobre ambas estrategias existen numerosas aplicaciones a nivel mundial (a excepción de nuestro país). Se conoce que la energía sísmica se transmite a la estructura a través de la fundación, por lo tanto, el principio general del aislamiento sísmico es desacoplar la construcción del movimiento del terreno. Dicho aislamiento se realiza usualmente insertando, entre la construcción y la fundación, dispositivos de apoyo con baja rigidez horizontal y/o vertical que permiten liberar los desplazamientos de la construcción como consecuencia del terremoto (Tornello M. y Sarrazín M., 2007).

El nivel de seguridad que se consigue con los sistemas de aislamiento sísmico es mayor que el logrado por una construcción sismorresistente convencional aún para terremotos destructivos que causan graves daños en las construcciones y el colapso de aquellas con escasas prescripciones sísmicas (Tornello M., et. Al, 2013).

En la línea de pensamiento precedente, en el año 2002 se iniciaron en el CeReDeTeC proyectos de investigación relacionados con la protección sísmica. En tal sentido una de los primeros proyectos en el país fue la residencia de estudiantes de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, la cual es un conjunto de tres torres, cuya construcción fue finalizada en el año 2005, con el objeto de facilitarles un lugar de estadía a los alumnos que residen fuera de la ciudad de Mendoza; el complejo lo completa un edificio de dos niveles para administración y aulas de posgrado (Tornello M. y Frau C., 2010). El sector de residencia, perfectamente diferenciado del anterior, se compone de tres edificios de tres niveles cada uno con idénticas características arquitectónicas y estructurales. Esos edificios fueron designados en la etapa de proyecto como Torres 1, 2 y 3 (T1, T2, T3) y su destino es dormitorios para los residentes y visitantes.

La torre T3 se caracteriza por estar montada sobre un sistema de aislamiento sísmico de base mientras que la T1 y T2 fueron construidas de manera tradicional, es decir, con base fija. A fines del año 2005 se procedió a la instrumentación sísmica de las torres T2 y T3 las cuales están separadas entre sí por escasos metros; situación que ha permitido, desde su concreción, comparar sus respuestas ante la ocurrencia de sismos menores sentidos en la región ya sea de foco cercano como de epicentros lejanos (Tornello M. et al, 2010).

En el presente trabajo se realiza una descripción de la metodología implementada para la adquisición de datos de la instrumentación sísmica, se muestran los resultados de los sismos más relevantes de los últimos años y se comparan las respuestas medidas a través del instrumental sísmico instalado en la torre T3, con aislamiento sísmico, y en la torre T2, con base fija. Los resultados obtenidos indican la conveniencia del uso del aislamiento sísmico como técnica de protección y además el correcto funcionamiento del conjunto sistema de aislamiento – edificio fundamentalmente en

aspectos relacionados con el desacoplamiento de las obras complementarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características principales del edificio con aislamiento sísmico

Los tres edificios destinados a dormitorios poseen las mismas características arquitectónicas y estructurales, constan de tres niveles y planta rectangular de (8,0 x 7,60 m). La superficie de cada torre destinada a dormitorios es de 176 m2, lo que hace un total de 528 m2 entre los tres edificios. Todos los cuerpos del complejo fueron construidos con estructura de hormigón armado y mampostería encadenada y armada. Los muros exteriores son de mampostería (ladrillo macizo cocido) con espesores de 20 y 30 cm. Los entrepisos y cubierta de techo están conformados por una losa prefabricada plana y una capa de hormigón armado superior para lograr una estructura monolítica. Las divisiones interiores han sido realizadas con placas de roca de yeso. Las fundaciones han sido resueltas con base corridas y vigas rígidas de fundación incorporadas a dichas bases de hormigón armado. La cota de fundación de las bases corridas se ubica entre -2,00 y -2,50 m) (Tornello M. y Sarrazín M, 2007). En la Fig. 1 se muestra el emplazamiento relativo de los dispositivos de aislamiento en relación a la superestructura.

El sistema de aislamiento instalado en la torre T3 permite desplazamientos verticales y horizontales y provee amortiguamiento en las mismas direcciones a través del trabajo conjunto de los aisladores de resortes de acero y amortiguadores viscosos (Tornello M., 2012). Las masas del edificio con aislamiento sísmico se indican en la Tabla 1; los valores indicados en la misma incluyen una participación del 25% de la carga viva. A los efectos comparativos se indican también los datos de la torre T2, de base fija. Con relación al edificio aislado, la masa del primer nivel incluye la correspondiente al nivel considerado más la correspondiente a la losa y vigas inmediatamente por encima del sistema de aislamiento. Las masas correspondientes a los dispositivos de aislamiento se han despreciado debido a su escasa incidencia.

Figura 1

Emplazamiento de los dispositivos del sistema de aislamiento debajo de la torre T3

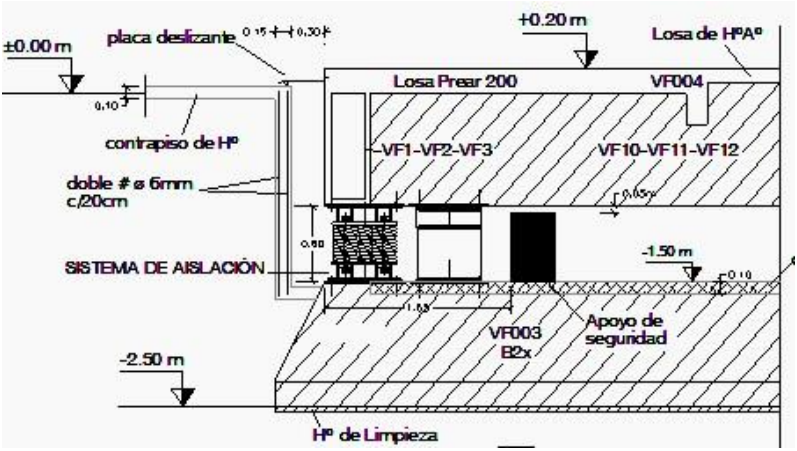


Tabla 1
Masas del edificio aislado y del edificio con base fija

Nivel	Edificio con base fija (kN. s^2/m)	Edificio con aislamiento sísmico (kN. s^2/m)
1	69.06	158.77
2	56.33	56.33
3	46.96	46.96
Total	172.35	262.06

Características de los dispositivos de aislamiento sísmico

Los dispositivos de aislamiento fueron provistos por la firma Gerb® fabricados en Alemania. El sistema de aislamiento está compuesto por cuatro paquetes de resortes y cuatro amortiguadores independientes de eje vertical (Visco ®), fabricados por la misma empresa y dispuestos en cada vértice del edificio, debajo de la viga perimetral que soporta la superestructura (Tornello M., 2012). Los sistemas de resortes para aislamiento sísmico (GERB Control System ®, GCS) fueron originalmente diseñados, para controlar las vibraciones que generaban las turbinas en plantas hidroeléctricas y

posteriormente extendidos a construcciones civiles (Nawrotzki P., 2001). El aislador está conformado por paquetes de resortes con baja rigidez en sentido horizontal y vertical, sin embargo, para aumentar el amortiguamiento del sistema de aislamiento se instalan en paralelo con amortiguadores visco elásticos (Visco®), (Fig. 2a y 2b).

Figura 2a
Paquetes de resortes metálicos

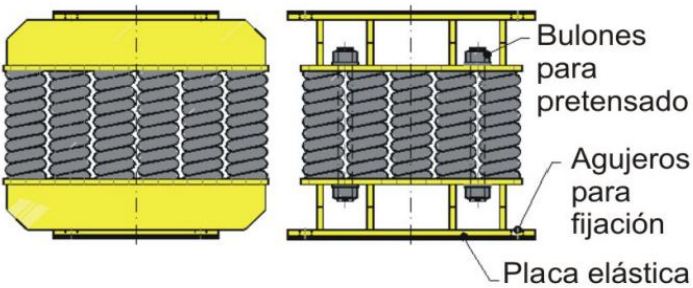


Figura 2b.
Amortiguadores viscoelásticos

La cantidad de resortes que componen el paquete es función de la rigidez vertical, horizontal y de las capacidades a cargas estáticas y dinámicas impuestas por las acciones en servicio y sísmicas. Como

consecuencia de una mayor carga vertical en uno de los perímetros del edificio, dos de los paquetes están compuestos por 30 resortes, con una capacidad de carga vertical de 921 kN y los otros dos por 28 resortes con una capacidad de carga vertical de 768 kN (Tornello M., 2012). En Tabla 2 se resumen las características principales del sistema de aislamiento. La rigidez horizontal y vertical de los resortes son funciones del módulo de corte del material del resorte, diámetro de la espira que conforma el resorte, número de espiras activas, diámetro exterior del resorte y altura libre del resorte. La rigidez lateral de los resortes, sujetos a acciones dinámicas se encuentra influenciada por un efecto combinado de flexión y torsión (Nawrotzki P., 2001).

Tabla 2
Parámetros de diseño principales del sistema de aislamiento

Parámetro	Notación	28 resortes	30 resortes	Unidad
Capacidad nominal carga vertical	F_v	768	921	kN
Rigidez vertical	K_v	29500	35400	kN/m
Rigidez horizontal	K_h	3940	4730	kN/m
Amortiguamiento horizontal	c_h	26	26	%
Amortiguamiento vertical	c_v	13	13	%
Diámetro exterior del resorte	D	105	105	mm
Diámetro espira resorte	d	26	26	mm
Altura libre del resorte	h_s	271	272	mm

Instrumental sísmico instalado

Los instrumentos instalados son acelerómetros marca Kinemetrics, modelo Altus K2 con un sensor triaxial interno. El mismo actúa como central de adquisición de datos y es el receptor de otros nueve canales externos de registros de aceleración, por lo tanto, el sistema instalado tiene capacidad para el registro simultáneo de aceleración, de doce canales (Tornello M., et al., 2012). El emplazamiento de sensores se resume en la Tabla 3, mientras que

en Figura 3 se representa gráficamente la ubicación en el edificio con aislamiento sísmico.

Tabla 3

Emplazamiento de sensores del sistema de adquisición de datos

Nº de Canal	Sentido de registro	Emplazamiento	Característica	Tipo de Sensor
1	E - O	Subsuelo del edificio de la (Torre 3)	Triaxial (2g)	Altus K2
2	S - N			
3	Vertical			
7	E – O	PB (por encima sistema de aislamiento) de T3, en el vértice noreste.	Uniaxial (2g)	Sensor uniaxial
8	S – N	Techo edificio con aislamiento sísmico (Torre 3).	Uniaxial (2g)	Sensor uniaxial
9	E – O	Techo edificio con aislamiento sísmico (Torre 3).	Uniaxial (2g)	Sensor uniaxial
10 11 12	E – O S – N Vertical	PB (encima sistema de aislamiento) de T3 en el baricentro de la planta.	Triaxial (2g)	Sensor triaxial

En la Torre 2, que corresponde al edificio de base fija, se encuentra instalado en la cubierta de techo un sensor triaxial que permite el registro sísmico de las tres componentes del movimiento. La T2 se emplaza a escasos metros del edificio aislado por lo tanto los valores registrados en el edificio permiten compararse con los resultados obtenidos en las componentes 8 y 9 del edificio con aislamiento sísmico. Los resultados de las comparaciones, junto a los valores de los desplazamientos del edificio aislado, serán tratados y mostrados en los párrafos siguientes. En la Figura 4 se muestran algunos de los sensores sísmicos instalados en los distintos niveles del edificio y sus protecciones metálicas.

Figura 3

Esquena del instrumental instalado y dirección de registración en la T3

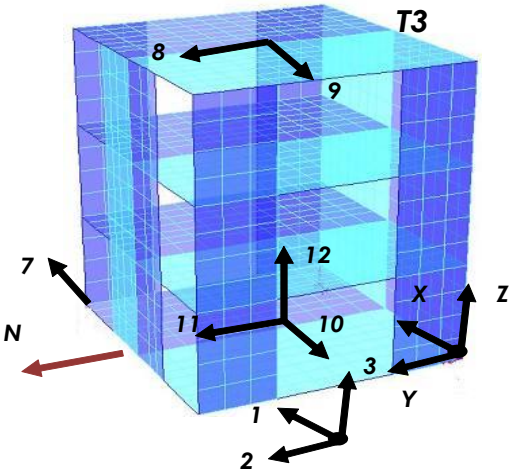


Figura 4

Sensores sísmicos instalados en puntos estratégicos del edificio con aislamiento sísmico.

Procesamiento de los registros sísmicos

El procesamiento de los registros sísmicos tiene por objeto determinar las respuestas del edificio aislado y la del edificio con base fija, en términos de aceleraciones y desplazamientos. Los resultados obtenidos permiten comparar el comportamiento de ambos edificios. Los parámetros que caracterizan a los terremotos tienen importancia en la respuesta tanto de las estructuras con base fija como en la de estructuras con aislamiento de base. Trabajos previos realizados (Tornello M., et al, 2011) indican por ejemplo la relevancia del periodo del pulso de los terremotos cuyos registros sísmicos provienen de fallas cercanas con relación al periodo del edificio con aislamiento sísmico. El procesamiento de los registros sísmicos no solo permite, como en este caso, comparar respuestas de dos edificios sino también, evaluar el comportamiento de los edificios en relación con los parámetros que caracterizan a los terremotos. En los párrafos siguientes se sintetiza la metodología que se utiliza para el procesamiento de los registros. Inicialmente se realiza una revisión de la página web del Servicio de Información Sísmica (SIS) del CeReDeTeC, UTN (SIS, UTN, 2022) con el objeto de recopilar los datos informados de cada evento sísmico registrado por la red de acelerómetros. Con las fechas y horarios obtenidos de dicha página se procede a bajar los registros sísmicos en formato digital buscando los eventos sísmicos informados en la página web del SIS. La comunicación con la central de adquisición de datos se realiza a través de una PC y para ello se utiliza un software de comunicación, “QuickLook” (Kinemetrics, 2002) que permite obtener el archivo digital del registro y también permite una visualización cualitativa del mismo. La Figura 5 muestra, a modo de ejemplo y cualitativamente, uno de los registros sísmicos obtenidos del instrumental instalado.

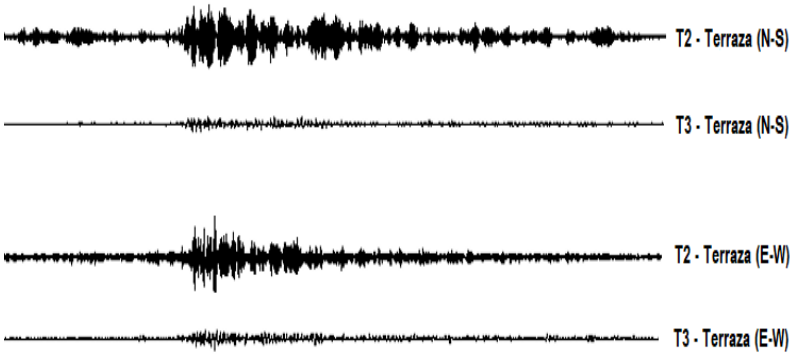
RESULTADOS

Una vez que se ha levantado la información digital del instrumental y mediante el uso del mencionado software de comunicación, se consigue la información de los valores máximos de cada componente del registro dados en voltios. Conociendo la sensibilidad de cada sensor de registro, es posible determinar los valores de aceleración con línea base corregida. En la Tabla 4 se

muestra un ejemplo de los resultados obtenidos para uno de los sismos procesados.

Figura 5

Vista cualitativa del registro sísmico en sus doce canales del software "QuickLook"



Finalmente se procesan los registros de cada evento sísmico para obtener las historias de tiempo de aceleración, velocidad y desplazamiento de cada uno de los canales y sus correspondientes valores máximos. Para tal objetivo se utiliza el software "SMA" (*Strong Motion Analyst*) (Kinemetrics, 2002). El resultado del procesamiento permite obtener un archivo de texto con las historias de tiempo y los valores máximos de las aceleración, velocidad y desplazamiento junto con el instante de tiempo en el cual se producen. Dichos valores son ordenados, para cada evento sísmico en una planilla cuyo formato se muestra en la Tabla 5. El instrumental instalado en los edificios de la Residencia de estudiantes de la FRM UTN, registró, por primera vez, el evento sísmico del 09/09/2005 ocurrido a las 08:25:26 hs., con epicentro a 170 Km de la ciudad de Mendoza, magnitud estimada en 5.2 en la escala de Richter e Intensidad Mercalli Modificada entre IV y V. Desde la fecha comentada el instrumental ha continuado registrando los eventos sísmicos sentidos en la región de manera ininterrumpida. Hoy se cuenta con una base de datos de más doscientos eventos sísmicos registrados.

Tabla 4

Aceleraciones registradas en el sismo del 01/04/2022

Acelerómetro	Unicación	Canal:	1	(E-W)
		Volts (max)	g	(% g)
ALTUS K2 (1-2-3)	Residencia T3 Subsuelo	0.0046	0.004	0.37
TRIAXIAL (4-5-6)	Residencia T2 Terraza	0.0206	0.016	1.65
UNIAXIAL (7)	Residencia T3 P.Baja (E-W)-(VERTICE)	0.0057	0.005	0.45
UNIAXIAL (8)	Residencia T3 Terraza (N-S)			
UNIAXIAL (9)	Residencia T3 Terraza (E-W)	0.0059	0.005	0.47
TRIAXIAL (10-11-12)	Residencia T3 P. Baja	0.0053	0.004	0.42

Acelerómetro	Unicación	Canal:	2	(Vertical)
		Volts (max)	g	(% g)
ALTUS K2 (1-2-3)	Residencia T3 Subsuelo	0.0032	0.003	0.26
TRIAXIAL (4-5-6)	Residencia T2 Terraza	0.0040	0.003	0.32
UNIAXIAL (7)	Residencia T3 P.Baja (E-W)-(VERTICE)			
UNIAXIAL (8)	Residencia T3 Terraza (N-S)			
UNIAXIAL (9)	Residencia T3 Terraza (E-W)			
TRIAXIAL (10-11-12)	Residencia T3 P. Baja	0.0077	0.006	0.62

Acelerómetro	Unicación	Canal:	3	(N-S)
		Volts (max)	g	(% g)
ALTUS K2 (1-2-3)	Residencia T3 Subsuelo	0.0038	0.003	0.31
TRIAXIAL (4-5-6)	Residencia T2 Terraza	0.0161	0.013	1.29
UNIAXIAL (7)	Residencia T3 P.Baja (E-W)-(VERTICE)			
UNIAXIAL (8)	Residencia T3 Terraza (N-S)	0.0037	0.003	0.29
UNIAXIAL (9)	Residencia T3 Terraza (E-W)			
TRIAXIAL (10-11-12)	Residencia T3 P. Baja	0.0049	0.004	0.39

Tabla 5

Valores máximos de aceleración, velocidad y desplazamiento para el sismo del 01/04/2022.

Instrumento	Canal	Ubicación	Aceleración	
			peak (cm/seg2)	time (seg)
Acelerometro Altus K2	1	Torre 3 - Subsuelo	3.662	40.03
	2		2.916	39.76
	3		2.437	40.95
Acelerometro Triaxial	4	Torre 2 - Terraza	12.620	40.79
	5		16.160	41.28
	6		3.072	40.96
Acelerometro Uniaxial	7	Torre 3 - Planta Baja	4.424	41.48
Acelerometro Uniaxial	8	Torre 3 - Terraza	2.899	39.30
Acelerometro Uniaxial	9	Torre 3 - Terraza	4.600	41.28
Acelerometro Triaxial	10	Torre 3 - Planta Baja	4.067	41.48
	11		3.866	39.87
	12		6.005	41.00

Tabla 5 (continuación)

Instrumento	Canal	Ubicación	Velocidad	
			peak (cm/seg2)	time (seg)
Acelerometro Altus K2	1	Torre 3 - Subsuelo	0.114	40.07
	2		0.108	38.67
	3		0.081	40.90
Acelerometro Triaxial	4	Torre 2 - Terraza	0.412	40.74
	5		0.391	41.24
	6		0.089	40.91
Acelerometro Uniaxial	7	Torre 3 - Planta Baja	0.159	40.10
Acelerometro Uniaxial	8	Torre 3 - Terraza	0.168	38.18
Acelerometro Uniaxial	9	Torre 3 - Terraza	0.184	41.60
Acelerometro Triaxial	10	Torre 3 - Planta Baja	0.152	41.43
	11		0.121	38.09
	12		0.230	41.05

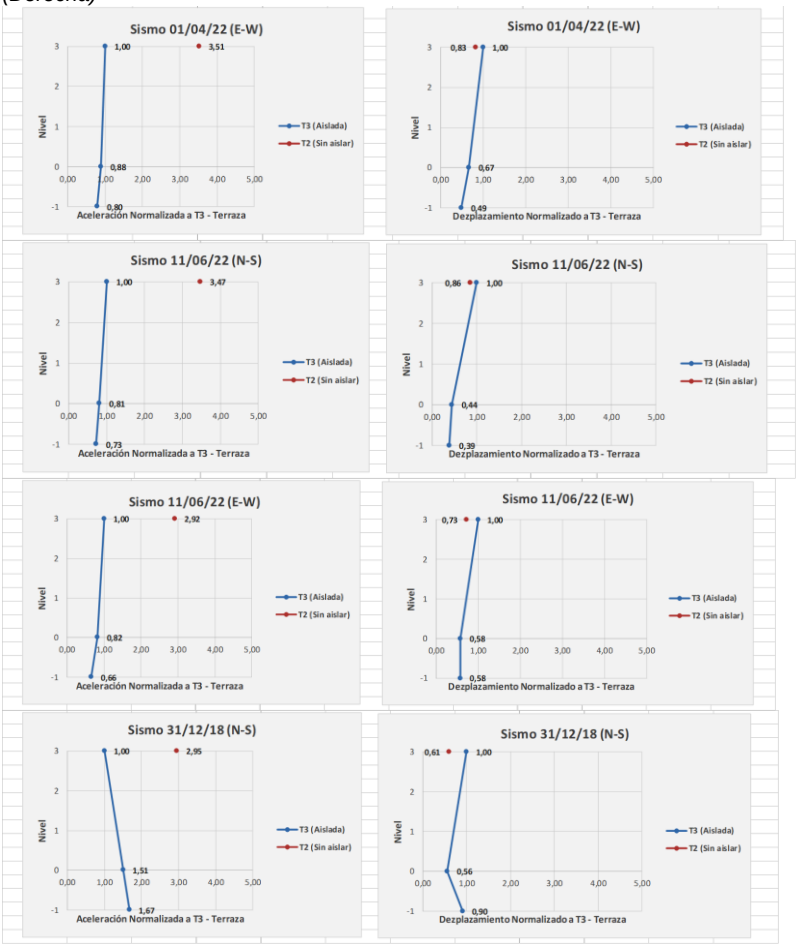
Instrumento	Canal	Ubicación	Desplazamiento	
			peak (cm/seg2)	time (seg)
Acelerometro Altus K2	1	Torre 3 - Subsuelo	0.008	38.13
	2		0.015	38.26
	3		0.007	37.63
Acelerometro Triaxial	4	Torre 2 - Terraza	0.020	38.19
	5		0.014	41.20
	6		0.006	37.64
Acelerometro Uniaxial	7	Torre 3 - Planta Baja	0.011	38.05
Acelerometro Uniaxial	8	Torre 3 - Terraza	0.026	38.29
Acelerometro Uniaxial	9	Torre 3 - Terraza	0.017	38.06
Acelerometro Triaxial	10	Torre 3 - Planta Baja	0.011	38.14
	11		0.018	38.30
	12		0.012	40.99

Con el objeto de evaluar el comportamiento del edificio aislado respecto del de base fija se comparan los respectivos registros de aceleraciones y desplazamientos. En la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos para ciertos eventos sísmicos registrados por el instrumental. Por razones de extensión, se muestra sólo algunos resultados. Los gráficos muestran la comparación de las aceleraciones y el desplazamiento para el mismo evento sísmico, del edifico aislado. Con relación a las aceleraciones (gráficos de la izquierda) en el eje horizontal se ha representado la aceleración normalizada respecto al valor registrado a nivel del techo del edificio aislado y en el eje vertical se indica el nivel del edificio. Con relación

a los desplazamientos (gráficos de la derecha) en el eje horizontal se han representado los desplazamientos normalizados respecto del valor registrado en el nivel del techo del edificio aislado y en el eje vertical se indica el nivel del edificio.

Figura 6

Comparación de las aceleraciones del edificio aislado con el edificio de base fija (Izquierda). Desplazamientos registrados en el edificio con aislamiento sísmico (Derecha)



CONCLUSIONES

El instrumental sísmico instalado ha funcionado por más de veinte años de manera ininterrumpida aportando datos valiosos sobre el comportamiento del edificio con protección sísmica y del edificio con fundación tradicional. El mantenimiento de los equipos que conforman el instrumental sísmico de la residencia de estudiantes ha sido el mínimo necesario para garantizar la continuidad de los mismos, esta situación demuestra la confiabilidad de los equipos instalados. Los datos obtenidos confirman la eficiencia de los dispositivos de aislamiento instalados y su adecuado comportamiento frente a sismos sensibles.

La información obtenida a la fecha indica que los dispositivos de aislamiento, tanto el aislador como el amortiguador, funcionan correctamente. El mantenimiento de los dispositivos que conforman el sistema de aislamiento ha sido prácticamente nulo y, en la mayoría de los casos, se ha circunscripto solamente a una simple inspección de los mismos.

Las reducciones de las respuestas en términos de aceleraciones del edificio con aislamiento sísmico han sido significativas. En los casos mostrados en el presente trabajo los dispositivos de aislamiento han permitido reducir las aceleraciones entre tres a ocho veces los valores de aceleraciones registradas a nivel del techo del edificio de base tradicional.

Los desplazamientos del edificio aislado resultan ser mayores que las del edificio de base fija, pero estos conllevan deformaciones concentradas en los aisladores; los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de desplazamientos máximos previstos para el sistema de aislamiento. Los desplazamientos del edificio aislado no han afectado las obras complementarias, incluidas las instalaciones, que interactúan con el edificio durante el movimiento sísmico, situación que indica una correcta solución en la concreción de los detalles de la unión con el edificio.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrolla en el marco del proyecto de investigación ECTCB ME0008107TC financiado por la Universidad Tecnológica Nacional. Los autores agradecen a las autoridades de la Universidad por el financiamiento otorgado al proyecto y a las

becas BINID asignadas al mismo. Se agradece a todos los docentes investigadores del CeReDeTeC, por los aportes y sugerencias realizadas al texto y al contenido del presente trabajo.

REFERENCIAS

Kinemetrics Inc. (2022). Altus Digital Recorder. User Manual.

Martelli, A., (2005) Modern Seismic Protection Systems for Civil and Industrial Structures. *Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica. IX Jornadas. Concepción. Chile.* CD. ISSN 0718-2678.

Murase, M., Masaaki, T., Izuru, T. (2013). Smart passive control building with higher redundancy and robustness using base-isolator and inter-connection. *Earthquake and Structures*. Vol. 4, N° 6. Page 649-670.

Nawrotzki, P. (2001). Seismic Protection of structures by viscoelastic elements. *The 8th Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction*. Nanyang Technological University. Singapore

Servicio de Información sísmica. CeReDeTec (2022). *Facultad Regional Mendoza. Ministerio de Infraestructura y Energía de la ciudad de Mendoza*. http://www1.frm.utn.edu.ar/sismos/

Tornello, M., Zarrazin, M. (2007). Dynamic response of a building with base isolation for near-fault motion. *9th Canadian Conference on Earthquake Engineering.* Paper 1057. Ottawa. CAEE, ACEP.

Tornello, M. Frau, C., Palazzo, C. (2013). Estructuras edilicias con Dispositivos de Protección sísmica emplazadas en regiones de fallas activas. *eduTecNe.* Pp. 357. ISNB: 978-950-9064-73-7.

Tornello, M., Frau, C. (2010). Experiencias sobre aislamiento sísmico en Mendoza, Argentina. Diseño, modelación y construcción. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras.* Volumen 15, número 1, 2010. Pp. 1-47. ISSN 1390-0315. ESPE.

Tornello, M., Frau, C., Ciudad Real, M., Gioacchini, G., Panella, S. (2010). Análisis comparativo entre las respuesta instrumental y modelos numéricos de un edificio con aislamiento sísmico de base. *Memorias del XXXIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural*. San Juan Argentina. Tema 5. ID: 680.pdf. Pp. 1-15.

Tornello, M. (2012). Protección de estructuras con aislamiento sísmico de base. Una estrategia para reducir la vulnerabilidad sísmica de las obras civiles frente a terremotos destructivos. *Edit. Academica Española. Schaltungsdienst Lange O: H G. Berlin, Books on Demand GMbH, Nordersdedt. Reha GmbH.* ISBN: 978-3-8484-5168-5.

Tornello, M., Frau, C., Gioacchini, G., Panella, S. (2011). Impact the main parameter of near-fault earthquakes in the response of isolated building with spring and viscous damper". *12th World conference on seismic isolation,* Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures, Sochi. Russia.

* * *

ESTUDIO DE ROTURAS DE ÁRBOLES POR ACABADO SUPERFICIAL MEDIANTE MECÁNICA DE FRACTURA

José A. Henkes[1]; Adrián Flamant[1]; Cristian Giner[1]; Sergio Giudici[1]

[1] Grupo IEMI, Unidad Investigación DIDEME, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

adflamant@gmail.com

Resumen: En este trabajo se analiza la influencia del acabado superficial en la disminución de la vida útil y falla prematura debido a la rugosidad por un mecanizado basto mediante la Mecánica de la Fractura. Se utilizó como objeto de estudio un caso real de Falla en ciclos bajos en un eje de frenómetro de motos, donde se pone de manifiesto la influencia de la Rugosidad en diseños de elementos bajo condiciones de flexo-torsión alternantes. Se demostró lo relevantes que son las imperfecciones superficiales en un elemento de máquina y su vida útil.

Palabras claves: Rotura, Rugosidad, árbol, vida útil

INTRODUCCIÓN

Este trabajo fue planteado como un proceso de desarrollo de casos mediante la mecánica de fractura y por Método de los Elementos Finitos (MEF en adelante), de estudios de falla en componentes metálicos que se hacen en el Grupo DIDEME como servicios a terceros, mediante la modelación clásica. El caso de estudio es el de una falla de árbol de un frenómetro de motos utilizado para realizar las revisiones técnicas vehiculares. Se necesitaba determinar las causas que inutilizaron el componente que había trabajado poco tiempo. El árbol de mando tiene montado un motorreductor y el rodillo del frenómetro. El estudio de la falla se hizo en un proceso de identificación de características macroscópicas. La macroscopía mostraba que el tipo de falla es por

fatiga de bajo número de ciclos (Figura 1). Un escalón con radio de acuerdo en zona de elevadas tensiones por flexión alternativa requiere un buen acabado superficial, un buen alineamiento y mantenimiento de la superficie para evitar entallas. Estos factores nombrados incrementan las tensiones consideradas de diseño y sería causa de falla, lo que finalmente sucedió por un mal acabado superficial y un incorrecto montaje asegurando la alineación de los rodamientos.

Figura 1

Fractura en eje de Frenómetro. Se observan rasgos pertenecientes a falla por fatiga por bajo número de ciclos

El objetivo principal de este trabajo fue desarrollar un modelo numérico que describe cómo cambiaron las condiciones de solicitación en el concentrador del acuerdo por las entallas propias del acabado superficial basto y mala alineación en el montaje.

Cómo objetivos secundarios se plantearon explicitar cómo influye un mal acabado superficial en las condiciones de servicio del componente y desarrollar el caso para su uso en las asignaturas Elementos de Máquinas y en Máquinas y Equipos industriales de la carrera de Ingeniería Electromecánica en la UTN FRM. Estas tienen incorporado el uso del cálculo y la simulación mediante los elementos finitos en el desarrollo curricular e incorporar mecánica de fractura en dichas asignaturas. Para la modelación numérica se utilizó SolidWorks, por contar el Grupo DIDEME licencia académica para el uso de los alumnos y dos licencias de investigación para el uso de los miembros del grupo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde la mecánica de fractura elástica lineal se asume que el crecimiento de una falla se genera por una grieta que presenta de tres modos distintos, el Modo I (figura 2) es el más importante, estando relacionado a las cargas de tracción y flexión, siendo el caso más crítico y limitante en la mayoría de los casos. Para el Modo I las tensiones generadas el frente de una fractura en un elemento (figura 3) están dadas por las Ecuaciones (1) a (3) de tensión axial y corte:

$$\sigma_x = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2}\left(1 - \sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{3\theta}{2}\right) \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2}\left(1 + \sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{3\theta}{2}\right) \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}} \sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2}\cos\frac{3\theta}{2} \quad (3)$$

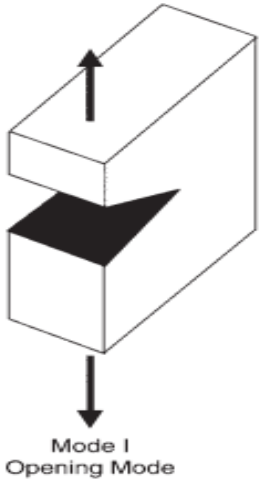
Donde el parámetro K, dado en MPa$\sqrt{m}$, es conocido como coeficiente intensificador de tensiones, que relaciona la tensión aplicada ($\boldsymbol{\sigma}$) y el tamaño de la imperfección estudiada (a) (Ecuación

(4)), donde el coeficiente Y es un valor adimensional que depende de la geometría de la fractura y el tipo de carga.

$$K = Y\sigma\sqrt{\pi a} \tag{4}$$

Figura 2

Desplazamiento de aberturas de Fractura en Modo I.



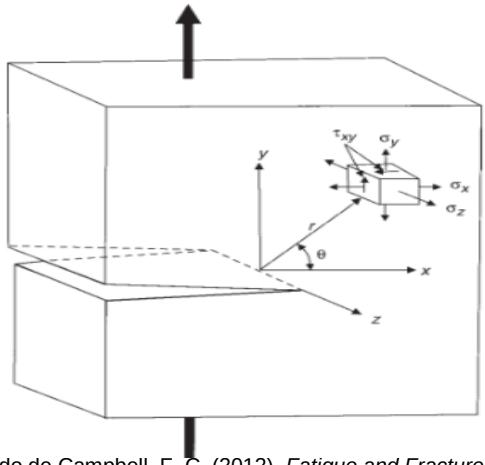
Nota. Reproducido de Campbell, F. C. (2012). *Fatigue and Fracture, Understanding the basics* (1st Ed.). ASM International, p. 105

Cuando la tensión aplicada supera el valor crítico de tensión, la fractura se propaga y la falla del elemento ocurre. Para esta carga crítica corresponden valores críticos de K, este valor se conoce como tenacidad de la fractura (Kc). Bajo este precepto se puede obtener valores K_I para las dimensiones estandarizadas de imperfecciones generadas por el acabado superficial en los mecanizados de elementos de máquina y definir el grado de compromiso respecto a la carga aplicada. Para estudiar cómo afecta la rugosidad por acabado superficial se considera la misma

como entallas que se encuentran en la *Región I*, la misma estando bajo cargas cíclicas alternantes debe superar un umbral de Tenacidad de la fractura para la propagación fatiga-fractura ΔK_{th} (Figura 4). Las compilaciones para un vasto rango de materiales realizadas por Lindley y Richards (1982), indican que para aceros con ratio de tensión alternante R<0.1, el valor del umbral es ΔK_{th}=6 MPa. El caso que se presenta en la carga aplicada en el Frenómetro es de inversión completa R= -1.

Figura 3

Tensiones en la punta de fractura en el Modo I



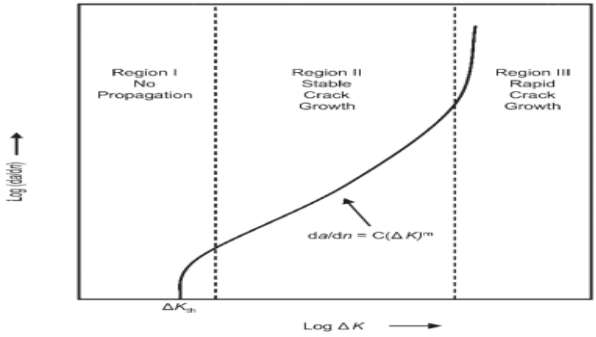
Nota. Reproducido de Campbell, F. C. (2012). *Fatigue and Fracture, Understanding the basics* (1st Ed.). ASM International, p. 106

Para determinar cuál es el valor de rugosidad seguro en el material utilizado para el frenómetro, se realizó el cálculo del mismo haciendo uso de la ecuación de la tenacidad de la fractura para un eje sometido a flexión (Tada, Paris & Irwin, 2012). Por el tamaño que presenta el diámetro de la barra en la raíz de la rugosidad respecto al diámetro nominal, la ecuación puede simplificarse siendo a es el tamaño de la entalla en metros y σ es la tensión generada en ese punto (Ecuación (5))

$$K_I = 1.122 * \sigma * \sqrt{\pi * a}\ [MPa\sqrt{m}] \quad (5)$$

Figura 4

Curva de propagación de la fractura para cargas de fatiga



Nota. Reproducido de Campbell, F. C. (2012). *Fatigue and Fracture, Understanding the basics* (1st Ed.). ASM International, p. 184

Se debe contemplar que el tamaño de fractura calculado está considerado para una sola entalla sometida a una carga de flexión estática. Superado ΔK_{th} , es necesario realizar un análisis respecto a la fatiga generada para determinar a qué cantidad de ciclos se alcanza el valor del tamaño de entalla crítica que sobrepasa de la Región II a la Región III en la propagación de la grieta. Para ello se hace uso de la ecuación de Paris (Tada, Paris & Irwin, 2012) (Ecuación (6)).

$$\frac{da}{dN} = A(\Delta K)^m \quad (6)$$

donde ΔK es la variación del factor intensificador de tensiones, determinado por los valores máximos y mínimos de esfuerzos ($\sigma_{max}, \sigma_{min}$) de cada ciclo, “A” y “ m” son constantes en función del material (Ecuación (7)).

$$\Delta K = K_{max} - K_{min} \quad (7)$$

Para aceros con estructura martensítica se ha comprobado con una gran variedad de datos experimentales (Barsom, 1974) que la propagación de la grieta por fatiga puede obtenerse mediante las Ecuaciones (8) a (10)

$$\frac{da}{dN} = 0.66x10^{-8}(\Delta K_I)^{2.25} \quad (8)$$

$$\Delta K_I = ksi\sqrt{in} \quad (9)$$

$$1.0\ ksi\sqrt{in}\ = 1.0998\ MPa\sqrt{m} \quad (10)$$

El material del eje es un Acero SAE 4140, para el cual se obtienen los datos de la tabla 1.

Tabla 1

Valores de Tenacidad de algunos aceros de alta resistencia.

Table 2 Fracture toughness of some high-strength alloys

	Yield strength			Temperature		Plane-strain fracture toughness(b)	
Alloy	MPa	ksi	Orientation(a)	°C	°F	MPa√m	ksi√in.
2042-T351	385	56	L-T	29	84	31	28
2024-T351	292	42	S-L	32	90	21	19
7075-T651	530	77	L-T	28	82	32	29
7075-T651	446	64.5	S-L	29	84	21	19
4140	1379	200	L-T	24	75	65	59
4140	1586	230	L-T	24	75	55	50
4340	1455	211	L-T	21	70	83	75.5
D6AC	1496	217	L-T	21	70	102	93
HP9-4-20	1282	186	L-T	26	79	151	137
HP9-4-20	1310	190	T-L	26	79	138	125.5
250 Maraging	1607	233	L-T	24	75	86	78
250 Maraging	1600	232	T-L	24	75	86	78
Ti-6Al-4V	889	129	L-T	24	75	64	58
Ti-6Al-4V	910	132	T-L	24	75	68	62
Ti-6Al-4V	883	128	S-L	24	75	75	68
Inconel 718	1041	151	T-L	24	75	87	79
Inconel 718	986	143	S-L	24	75	73	66

(a)The first letter gives the direction normal to the crack plane, while the second letter gives the direction of crack propagation. In the L-T orientation, the crack is normal to the rolling direction (L) and propagates in the transverse direction (T). (b) All numbers are rounded off so as not to imply a greater precision than can be justified by the experimental procedure. Source: Ref 15

Nota. Reproducido de Campbell, F. C. (2012). *Fatigue and Fracture, Understanding the basics* (1st Ed.). ASM International, p. 144

En el estudio realizado, se consideró las tensiones máximas generadas por los momentos flectores sin desalineamiento y con

desalineamiento posible en el montaje. En el modelo sin desalineamiento, el eje se consideró como una viga simplemente apoyada con una carga simétrica de P=1.5kN proveniente del tensor del sensor propio del equipo de medición del frenómetro. Los diámetros del eje estudiado son Ø26 mm y Ø49 mm, con una longitud entre apoyos de 250mm. La Carga P se encuentra centrada respecto a los vínculos. Las Ecuaciones (11) y (12) describen los momentos flectores y tensiones

$$Mf_{max} = \frac{P*l}{4} = \frac{1.5kN * 0.125m}{4} = 46.875(kNm) \quad (11)$$

$$\sigma_{max} = \frac{32*Mf_{max}}{\pi*(d)^3} = \frac{32*46.875kNm}{\pi*(0.026m)^3} = 27.165MPa \quad (12)$$

Al presentarse la peor condición de carga en una zona que combina un cambio de sección con un radio de acuerdo, se considera el concentrador de tensiones para el cálculo de las tensiones generadas dado por la Ecuación (13) siendo el valor para las dimensiones dadas: K_t=2.5 (Pilkey y Pilkey, 2008).

$$\sigma'_{max} * \ Kt \ = \ 27.165 \ MPa \ * \ 2.5 \ = \ 67.9125MPa \quad (13)$$

Para considerar la peor condición de un acabado superficial se toma su máximo valor en la escala de Rugosidades, la cual corresponde a N12. A partir del valor de la tensión máxima, se determinó el valor del intensificador de tensiones para la rugosidad superficial N12, con un valor Ra = 50$\boldsymbol{\mu}$m utilizando la Ecuación (14).

$$K_{IN12} = 1.122 * 67.9125MPa * \sqrt{\pi * 50\mu m} = 0.954MPa\sqrt{m} \quad (14)$$

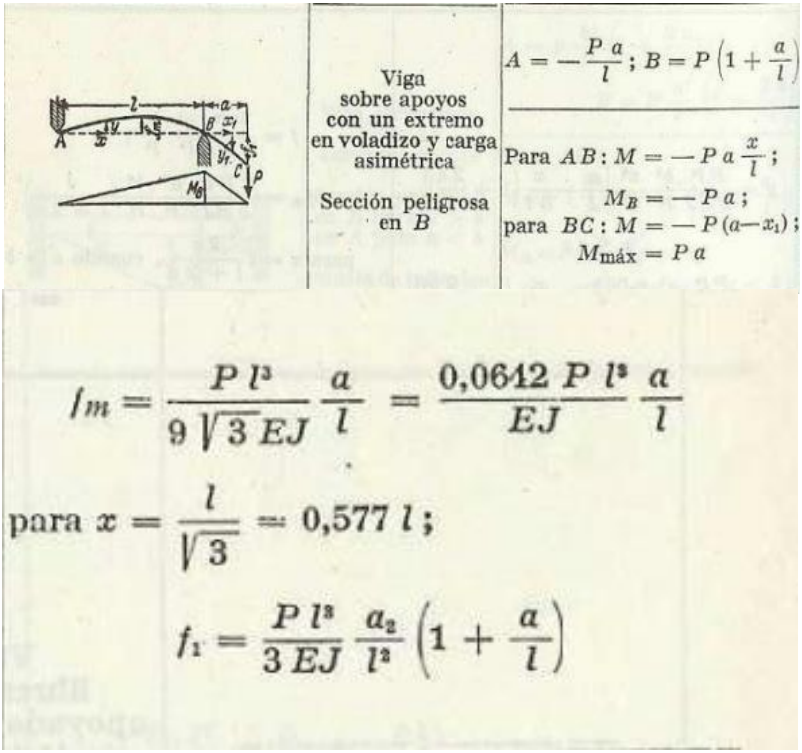
Resultado menor al valor $\Delta K_{th.}$

Se procedió al análisis de la fractura considerando un desalineamiento en el eje, modelando la carga generada por dicha flecha a partir de una viga sobre apoyos con un extremo en voladizo y carga asimétrica (Figura 5). El rodamiento que genera el desalineamiento se modela como una carga en voladizo, y el apoyo próximo al voladizo es el contacto generado por el reductor que

contiene al eje. Considerando un desalineamiento de 1mm se despeja la carga de la ecuación de la flecha para este modelo de viga, donde las longitudes entre apoyos y voladizo son iguales, a=l (Ecuaciones (15) y (16)).

Figura 5

Modelo de Viga sobre apoyos con un extremo en voladizo y carga asimétrica



$$P' = y * \frac{3EJ}{l^3} * \frac{l^2}{a^2} * \frac{1}{(1+\frac{a}{l})} \qquad (15)$$

$$P' = 0.001m * \frac{3*20.6\,x10^{20} * 2.243\ \ x10^{-8}}{(0.125m)^3} * \frac{1}{2} = 3548.6N \qquad (16)$$

La reacción en B' generada por la carga P' según el modelado de la viga estará dada por la Ecuación (17):

$$B' = 2 * P' = 2 * 3548.6N = 7096.55N \quad (17)$$

Para el cálculo del momento flector producido por el desalineamiento se suma la carga del brazo tensor P con la reacción generada por el desalineamiento B' se aplican las Ecuaciones (18) a (20).

$$Mf' = \frac{(B'+P)*l}{4} \quad (18)$$

$$Mf' = \frac{(7096.55N + 1500N) * 0.125m}{4} = 268.64Nm \quad (19)$$

$$\sigma'_{max} = \frac{32*Mf'}{\pi*(d)^3} = \frac{32*268.64Nm}{\pi*(0.026m)^3} = 155.68\ MPa \quad (20)$$

La tensión máxima generada en el radio de acuerdo por el concentrador de tensiones previamente definido está dada por la Ecuación (21).

$$\sigma'_{max} * Kt = 155.68\ MPa * 2.5 = 389.2\ MPa \quad (21)$$

La determinación de K'_{IN} para distintos valores de rugosidad se halla a través de la Ecuación (22).

$$K'_I = 1.122 * \sigma'_{max} * \sqrt{\pi * a} \quad (22)$$

El tamaño crítico de la fisura para la tensión calculada y las propiedades del material, se determinan a partir de la ecuación del intensificador de tensiones (Ecuación (23)) utilizando el valor de tenacidad de la fractura del material K_{Ic}:

$$a'_{cr} = \frac{0.797}{\pi}\left(\frac{55MPa\sqrt{m}}{389.2MPa}\right)^2 = 0.00506m = 5.06mm \quad (23)$$

por medio de la ecuación de Paris para un acero martensítico se calcularon los ciclos una vez que se haya sobrepasado ΔK_{th} (Ecuaciones (24) y (25)

$$\frac{da}{dN} = 1.36x10^{-10}(1.122 * 389.2MPa\sqrt{\pi})^{2.25} * \left(\sqrt{a}\right)^{2.25} \quad (24)$$

$$nf = 2327 \int_{0.00005}^{0.00506} \frac{da}{\left(\sqrt{a}\right)^{2.25}} = 28150\ ciclos \quad (25)$$

Como método de contraste se realiza el cálculo de fatiga clásico con los factores modificadores del límite de resistencia a la fatiga clásica. Para la obtención del valor límite de la resistencia a la fatiga se aplica ecuación de Marin (1962) y se compara con la tensión máxima generada por el desalineamiento y la carga (σ'_{max}) (Ecuaciones (26) a (28)).

$$\sigma fl = 0.5 * \sigma r * ka * kb * kc \quad (26)$$

$$\sigma fl = 0.5 * 1586MPa * 0.65 * \left(\frac{26mm}{7.62}\right)^{-0.1133} * 0.897 \quad (27)$$

$$\sigma fl = 404MPa \quad (28)$$

La obtención de los ciclos de vida ante la falla por fatiga se determina utilizando la ecuación de tensión-vida para ciclos altos (Ecuación (29)), basando en que la tensión máxima calculada se encuentra próxima al valor de límite de fatiga.

$$N = \left(\frac{\sigma a}{a}\right)^{1/b} \quad (29)$$

Mediante MEF se procedió a realizar por medio de técnicas de simplificación un modelo del eje estudiado, aplicando la misma carga y condiciones del material previamente definido. Se realizaron 2 modelos con las mismas condiciones de geometría, carga y material (Figura 6). Uno de los modelos fue analizado sin modelar la rugosidad superficial. Mientras que al otro modelo se simuló en función del valor Ra de la calidad superficial N12 (Figura 7). Para simplificar el modelo con la rugosidad, se aplicó una entalla en todo

el perímetro del eje en las cercanías del radio de acuerdo, zona de mayor riesgo de rotura por la concentración de tensiones que se genera en una zona con variación en la dimensión de la geometría (Figura 8).

Figura 6

Modelo simplificado de eje de frenómetro para MEF.

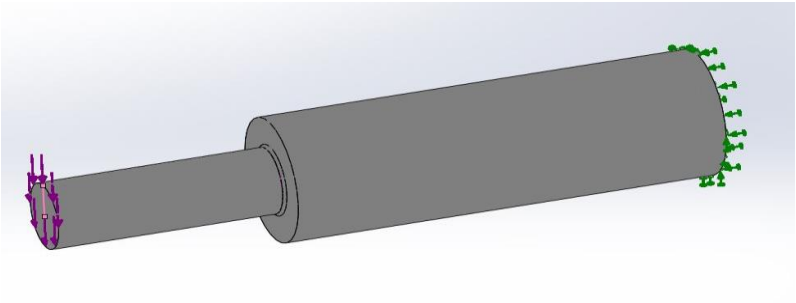


Figura 7

Modelado de entalla con calidad N12

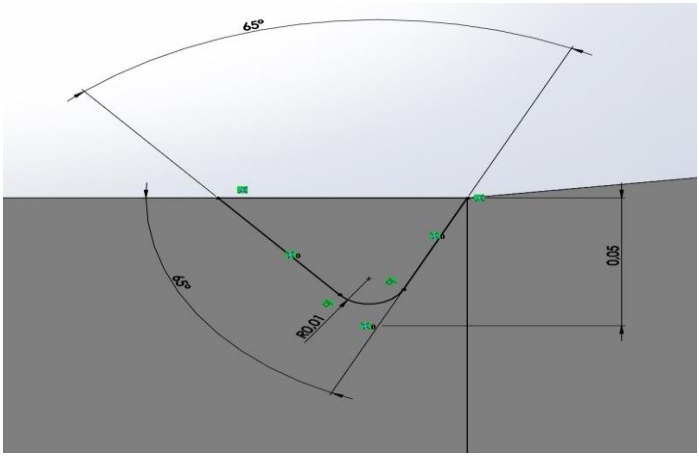
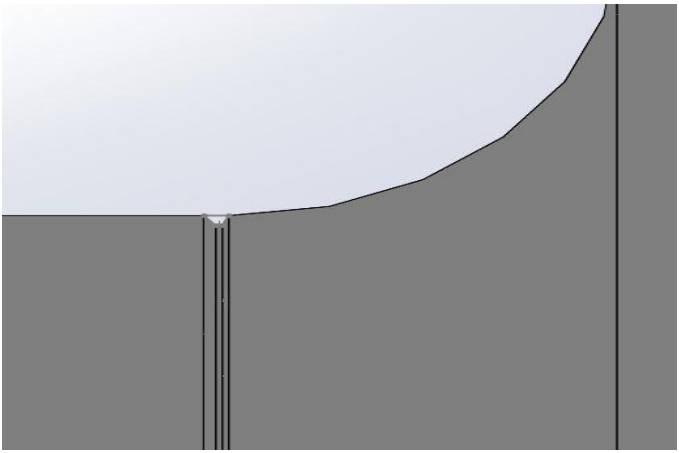


Figura 8

Modelado en zona de peor condición



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 9 se observa la variación del coeficiente intensificador de tensiones K_I en función de la rugosidad (Ra) y la tensión generada por el desalineamiento (σ_{max}). Se observa una tendencia a disminuir los valores de intensificador de tensiones con el incremento de calidad en la terminación superficial. Se identifica que el valor de una superficie de mecanizado basto (N12) con Ra = 50μm y la carga estudiada, se encuentra próximo al umbral ΔK_{th} (línea color naranja) definido por Linder y Paris (Tada, Paris. & Irwin, 2012), límite inferior para alcanzar la propagación de la fisura por medio de fatiga-fractura con inversión completa, valor compilado por Lindley y Richards (1982). Se puede observar que para rugosidades con valores mayores a Ra=3.2μm, la tendencia de aumento del coeficiente intensificador de tensiones es exponencial, aumentando las probabilidades de nucleación de fracturas en la Región I por cargas alternantes dando inicio a fracturas por fatiga (Campbell, 2012).

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los ciclos a la rotura por fatiga y los ciclos a la rotura por fatiga-fractura en función de la

carga con desalineamiento, para el cálculo clásico de fatiga el resultado indica vida finita en ciclos altos, mientras que el resultado de ciclos a la fatiga-fractura presenta una vida finita en los límites de ciclos bajos y ciclos altos una vez superado el umbral ΔK_{th}, lo que concuerda con las fallas que se han generado en los ejes de frenómetro.

Figura 9

Valores de intensificadores según valores Ra y una carga con tensión resultante de 389.2 MPa

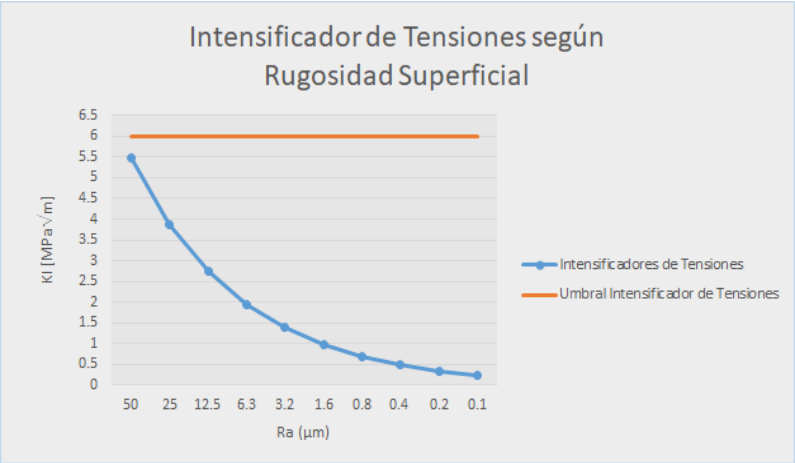


Tabla 2

Tabla de resultados comparativos entre método S-N y fatiga-fractura en rugosidad N12

a (Tamaño inicial)	a_{cr} (Tamaño crítico de fisura)	σ'_{max} (Tensión máx.)	σfl (Tensión límite de fatiga)	K_{IN12}	ΔK_{th}	N(ciclos) fatiga S-N	N(ciclos) fatiga-fractura
$50\mu m$	$5.06mm$	389.2 MPa	404 MPa	$5.47MPa\sqrt{m}$	6 $MPa\sqrt{m}$	$2.220x10^6$ ciclos	28150 ciclos

En la Figura 10 se visualiza el valor de tensiones generadas sin considerar la rugosidad superficial mediante MEF, como se indica, el valor máximo no sobrepasa el límite de fluencia del material utilizado para el análisis, mientras que en la figura 11 se observan las tensiones generadas en las entallas modeladas para una rugosidad superficial N12, superando efectivamente el valor del límite de fluencia (1596 MPa) a menores calidades de rugosidad superficial.

Figura 10

Concentración de Tensiones en Modelo de Eje sin rugosidad (Valor máximo 9.336 e+008).

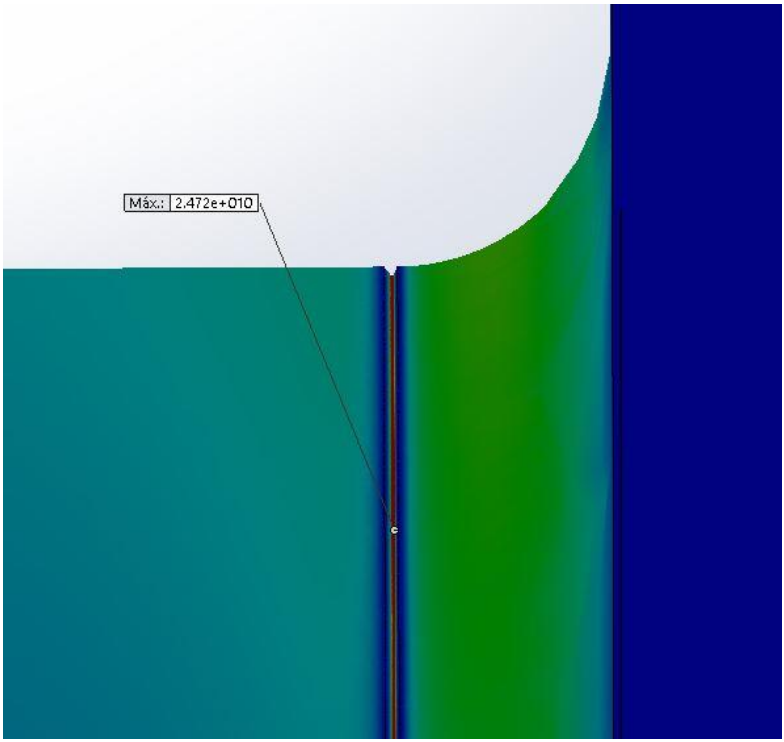
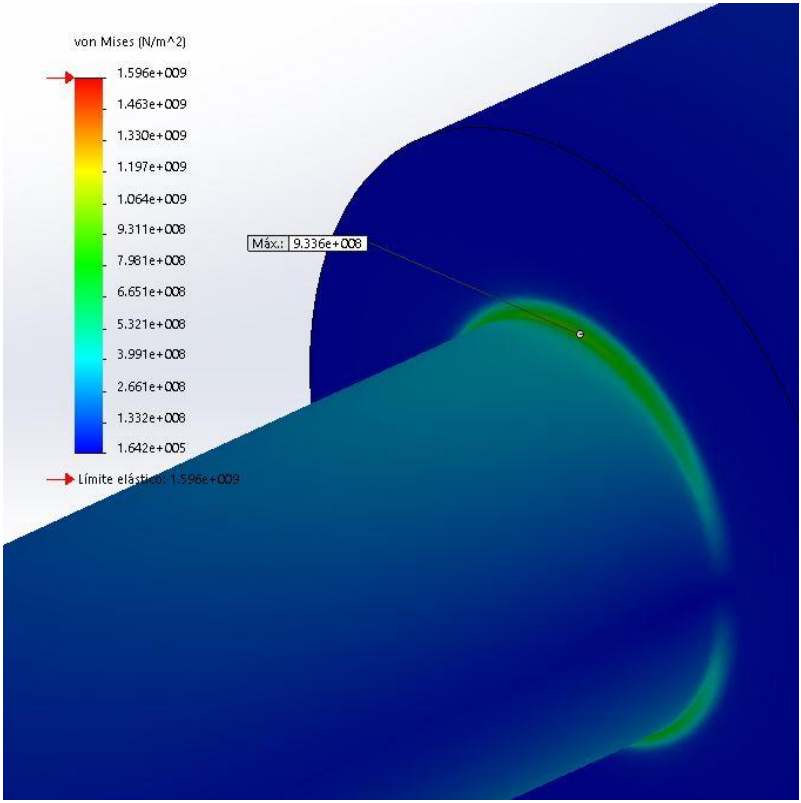


Figura 11

Concentración de Tensiones con modelo de entalla respecto a calidad N12 (Valor máximo 2.472 e+010)



CONCLUSIONES

Con el estudio realizado mediante este trabajo se resalta que la influencia de la calidad del acabado superficial tiene una incidencia importante en zonas críticas con concentradores de tensiones, influyendo directamente en el valor de K_I (coeficiente intensificador de tensiones), generando la nucleación de fracturas que puedan superar el umbral ΔK_{th} y dar al inicio de propagar la fisura, pasando

de la Región I a la Región II, propagando la fractura hasta alcanzar la falla en la Región III. Hay que destacar que las micro fracturas generadas por la rugosidad superficial de un acabado basto por sí mismo no inicia la falla, sino que sumado a efectos de sobrecarga, desalineamiento y concentradores de tensiones (Pilkey y Pilkey, 2008), aumenta significativamente el riesgo de iniciar la propagación de las fracturas, siendo significativamente menor el riesgo de rotura para calidades superiores de rugosidad. También se recuerda que las dimensiones de rugosidad Ra son valores de una media aritmética de la rugosidad, pudiendo haber desviaciones respecto a la media.

Se puede concluir que en ejes donde por su diseño geométrico, probables errores de montaje y variaciones en las condiciones de funcionamiento, es necesario considerar la calidad del acabado superficial, que puede cambiar significativamente las condiciones resistivas y de vida útil en un elemento de máquina sometido a cargas alternantes.

REFERENCIAS

Andrade A. A., Mosquera W. A. y Vanegas L. V. (2015). Modelos de crecimiento de grietas por fatiga. *Revista Entre Ciencia e Ingeniería, 9*(18), 39-48).

Antolovich S.D. y Antolovich. B.F. (1996). An Introduction to Fracture Mechanics. En S. R. Lampman (Ed.), *ASM Handbook. Fatigue and Fracture* (Vol 19, pp. 1962-1986). ASM International.

Barsom, J. M. (1974). *Fatigue Behavior of Pressure-Vessel Steels.* (Welding Research Council Bulletin № 194). Welding Research Council.

Barsom, J. M. y Rolfe, S. T. (1999). *Fracture and Fatigue Control in Structures: Applications of Fracture Mechanics* (3era Ed). Butterworth-Heinemann.

Campbell, F. C. (2012). *Fatigue and Fracture, Understanding the basics* (1st Ed.). ASM International

International Organization for Standardization Norma. (2002). Geometrical Product Specifications (GPS) Indication of surface texture in technical product documentation (Norma № 1302 (en), 4ta Ed.). https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:1302:ed-4:v1:en.

Lindley, T. C. y Richards, C. E. (1982). Near-Threshold Fatigue Crack Growth in Materials Used in the Electricity Supply Industry. In J. Backlund, A.F. Blom, &.J. Beevers (Eds.), *Fatigue Thresholds.*

Fundamentals and Engineering Applications. Volume II. Proceedings of First International Conference on Fatigue Thresholds (p. 1087-1113) Engineering Materials Advisory Services Ltd.

Marin, J. (1962). *Mechanical Behavior of Engineering Materials*. Prentice-Hall.

Pilkey W. D. y Pilkey D. F. (2008). *Peterson's Stress Concentration Factors* (3era Ed.). John Wiley & Sons, Inc.

Tada, H., Paris, P. C. & Irwin, G. R. (2012). *The Stress Analysis of Cracks Handbook* (3ra Ed.). ASME Press.

* * *

ANÁLISIS DE FALLA DE UN ÁRBOL DE MANDO DE HORNO DE CLINKER.

Valeria Simó[1]; Adrián Flamant[1]; Sergio Giudici[1]; Gonzalo Antón[1]

[1] Grupo IEMI, Unidad Investigación DIDEME, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

adflamant@gmail.com

Resumen: En este trabajo se estudió una falla en árbol de mando de horno de Clinker por medio de criterios de elementos finitos. El árbol presentó una falla en la zona donde se monta el piñón de accionamiento del horno. Dicha rotura presenta signos de fatiga por flexión alternada y rotura de un acero frágil. Se ha determinado que el proceso de falla se inició en un chavetero. Debido al concentrador de tensiones propio del chavetero, se generaron condiciones de entalla desfavorables, favoreciendo el crecimiento de una grieta. Para el estudio, se utilizó el software de cálculo SolidWorks (software comercial).

Palabras claves: Árbol, Elementos finitos, fatiga, concentración de tensiones

INTRODUCCIÓN

En la práctica de la ingeniería cuando se diseñan elementos de máquinas, la determinación de la forma de los componentes impone cambios de sección, lo que crea condiciones de solicitaciones variadas. En el caso de los árboles, la combinación de los principales esfuerzos a que están sometidos, tales como flexión y torsión, generan en estas discontinuidades, propias del diseño, zonas donde los esfuerzos se incrementan de manera significativa en comparación a los de secciones contiguas. Se trabajó un árbol con un chavetero y un escalón con radio de acuerdo.

La Resistencia de Materiales utiliza estrategias diversas para evaluar los coeficientes de magnificación de las tensiones en discontinuidades diversas, posibilitando el análisis de las

condiciones de solicitación al momento de dimensionar los componentes, esto además es un tema de estudio importante de la asignatura Elementos de Máquinas.
El método matemático para determinar las tensiones localizadas se sustenta en la teoría matemática de la elasticidad y en general requiere de ecuaciones diferenciales de difícil solución. Cabe destacar que los modelos matemáticos suponen hipótesis simplificadoras tales como que la pieza es de un material homogéneo, isótropo y totalmente elástico, por lo que el valor de la tensión obtenida depende sólo de la forma geométrica.
Son muy usadas otras estrategias para resolver los casos donde se presentan discontinuidades, tales como los métodos experimentales para determinar el efecto de la concentración de tensiones, estos permiten validar los modelos matemáticos y definir las restricciones propias del uso de dichos modelos.
El objetivo principal de este trabajo fue modelar mediante los códigos bajo licencia del grupo DIDEME en el Software SolidWorks estudiando y aplicando diversos criterios de preparación de los sólidos geométricos, los criterios de discretización eficiente y los de procesos de simulación con sus modos de validación mediante los controles de sensibilidad de malla y criterios de distribución de elementos. Esto permitió determinar y verificar que la pieza falló por la combinación de estos dos concentradores de tensiones. El caso de estudio fue un árbol de un horno de clinker, cuya falla se puede observar en la Figura 1.
El objetivo principal de este trabajo fue desarrollar un modelo numérico que describe cómo cambiaron las condiciones de solicitación en el concentrador del acuerdo por la presencia del chavetero. Cómo objetivos secundarios se plantearon explicitar cómo influye la presencia del chavetero en las condiciones de servicio del componente y desarrollar el caso para su uso en las asignaturas Elementos de Máquinas y en Máquinas y Equipos industriales de la carrera de Ingeniería Electromecánica en la UTN FRM. Estas tienen incorporado el uso del cálculo y la simulación mediante los elementos finitos en el desarrollo curricular. Para la modelación numérica se utilizó SolidWorks, por contar el Grupo DIDEME licencia académica para el uso de los alumnos y dos licencias de investigación para el uso de los miembros del grupo.

Figura 1

Fractura en eje del horno. Se observan rasgos pertenecientes a falla en entalla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han revisado y utilizado las experiencias específicas existentes sobre los coeficientes de concentración de tensiones para árboles sometidos a flexo torsión que presentan discontinuidades. Estos coeficientes se encuentran en el compendio de estudios de concentración de tensiones Stress Concentration Factors (Pilkey y Pilkey, 2008) (Figura 2).

Para el caso planteado, se procedió a estudiar los efectos de concentración de tensiones en el escalón el árbol que cuenta con la presencia de un chavetero en la parte de mayor sección. El material del eje es un Acero SAE 4140, para el cual se obtienen los datos de la tabla 1. Para la construcción del modelo se realizó respetando las dimensiones de los planos constructivos (Figura 3). Se determinó una configuración que fuese la más adecuada en dimensiones, que limitara la cantidad de elementos a un valor suficientemente elevado

de modo tal que los resultados obtenidos sean confiables y que no sobre exigiera al equipamiento de procesamiento. Se optó por una pieza con doble chavetero ubicados a 180° uno de otro. El material seleccionado para la simulación es un acero AISI 4140.

Figura 2

Detalle de los concentradores de tensiones.

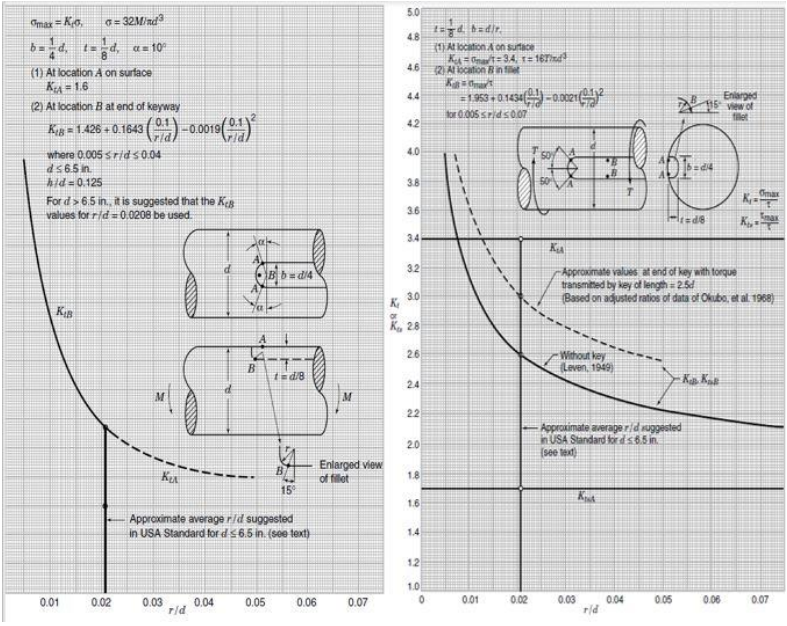


Tabla 1

Valores de Tenacidad de algunos aceros de alta resistencia.

Table 2 Fracture toughness of some high-strength alloys

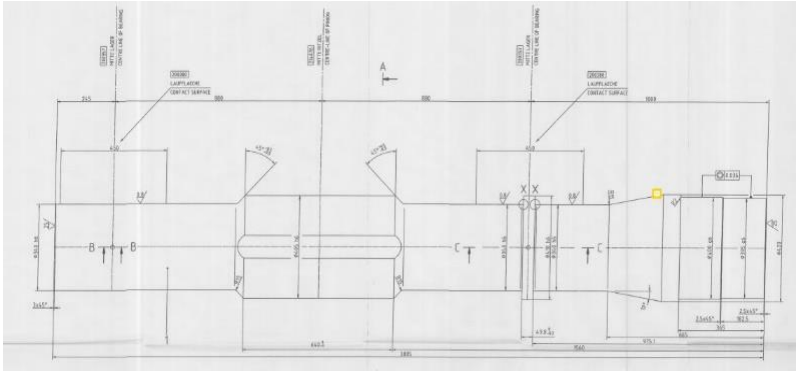
Alloy	Yield strength MPa	Yield strength ksi	Orientation(a)	Temperature °C	Temperature °F	Plane-strain fracture toughness(b) MPa√m	Plane-strain fracture toughness(b) ksi√in.
2042-T351	385	56	L-T	29	84	31	28
2024-T351	292	42	S-L	32	90	21	19
7075-T651	530	77	L-T	28	82	32	29
7075-T651	446	64.5	S-L	29	84	21	19
4140	1379	200	L-T	24	75	65	59
4140	1586	230	L-T	24	75	55	50
4340	1455	211	L-T	21	70	83	75.5
D6AC	1496	217	L-T	21	70	102	93
HP9-4-20	1282	186	L-T	26	79	151	137
HP9-4-20	1310	190	T-L	26	79	138	125.5
250 Maraging	1607	233	L-T	24	75	86	78
250 Maraging	1600	232	T-L	24	75	86	78
Ti-6Al-4V	889	129	L-T	24	75	64	58
Ti-6Al-4V	910	132	T-L	24	75	68	62
Ti-6Al-4V	883	128	S-L	24	75	75	68
Inconel 718	1041	151	T-L	24	75	87	79
Inconel 718	986	143	S-L	24	75	73	66

(a)The first letter gives the direction normal to the crack plane, while the second letter gives the direction of crack propagation. In the L-T orientation, the crack is normal to the rolling direction (L) and propagates in the transverse direction (T). (b) All numbers are rounded off so as not to imply a greater precision than can be justified by the experimental procedure. Source: Ref 15

Nota. Reproducido de Campbell, F. C. (2012). *Fatigue and Fracture, Understanding the basics* (1st Ed.). ASM International, p. 144

Figura 3

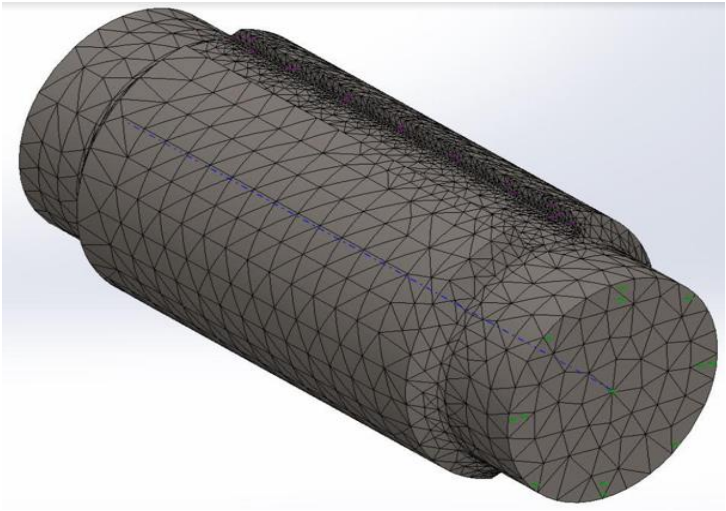
Plano de la pieza estudiada.



Diseñado el prototipo, se aplicaron las condiciones de restricción y de solicitación. Además, se utilizó un control de mallado (Figura 4) en las zonas donde se producen mayores concentraciones de tensiones, que en este caso están presentes en los radios de acuerdo del escalón y en los radios de acuerdo del chavetero

Figura 4

Modelado de entalla.



RESULTADOS

Como se trata de la utilización de un material tenaz, de respuesta dúctil, se utilizó el criterio de Von Mises. El módulo de cálculo resolvió y determinó los valores de tensión punto a punto. Además, mostró los valores máximos y su ubicación para las condiciones de ensayo. En las figuras 5 a 7 se ven los grafismos para la visualización de las tensiones resultados del proceso de cálculo iterativo, donde para los valores de las tensiones se utilizan colores, en este caso de variación discreta.

Figura 5

Resultados de análisis por MEF.

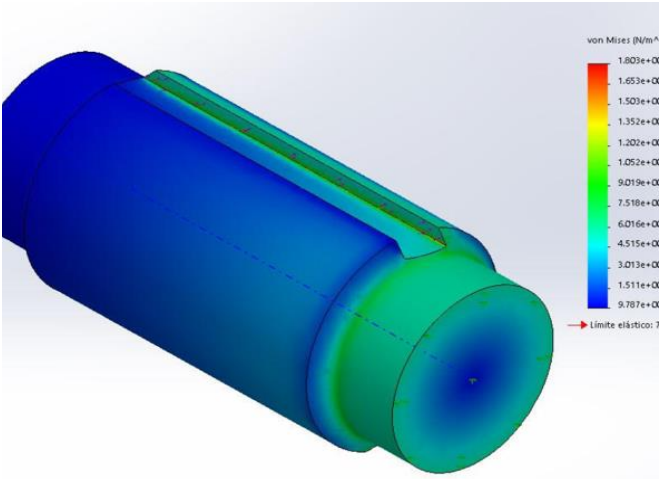


Figura 6

Acercamiento donde se observa el lugar de las máximas tensiones.

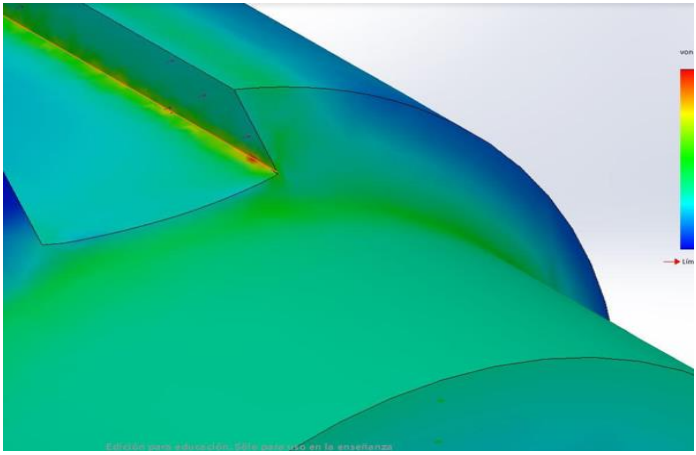
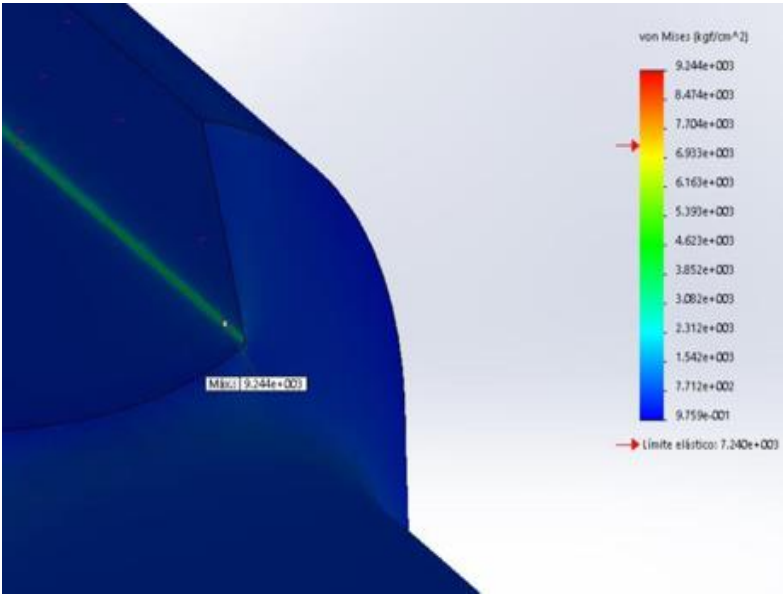


Figura 7

Se identifica la ubicación de la máxima tensión y su valor.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la bibliografía existente se presentan valores de coeficientes de concentraciones de tensiones (Pilkey y Pilkey, 2008) que han sido obtenidos mediante métodos experimentales, la mayoría mediante fotoelasticidad. Pero no se encuentran resultados para este tipo de interacción donde se superponen dos tipos de concentración diferentes.

Este estudio sí verificó que los chaveteros no deben llegar hasta el acuerdo del escalón para evitar este tipo de roturas. Esto se debe a que se genera un aumento del estado tensional mayor al estimado por separado. Para el rediseño de la pieza o futuros diseños, es que este tipo de prácticas se deben evitar.

CONCLUSIONES

El modelado clásico permite evaluar los efectos de las entallas en forma separada y con solicitaciones de flexión y torsión pura, pero no tiene en cuenta la combinación de éstas bajo la combinación de flexo-torsión. En la combinación de las entallas consideradas, cada caso presenta un área diferente en donde se produce la mayor concentración de tensiones. Para el caso del escalón y chavetero, se encuentra en el acuerdo del chavetero. Esto hace determinante evaluar con cuidado la resolución de los acuerdos cuando se diseñan componentes como el del caso estudiado. Este tipo de árboles aparece todos los años en los proyectos de reductor de velocidades que se desarrolla como trabajo práctico integrador de la asignatura Elementos de Máquinas de la UTN FRM, por lo que el resultado de este estudio permite identificar criterios válidos para el diseño y su utilización en la asignatura.

Este caso demostró ser un caso muy completo como ejemplo de aplicación para trabajar los criterios de modelación clásica y modelado numérico. También es un caso de aplicación para la capacitación de becarios y transferencia a las cátedras del área de la mecánica del sólido de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

La utilización de Métodos de Elementos Finitos (MEF) permite desarrollar modelos que describen en forma eficiente las solicitaciones producidas por entallas y dan resultados comparables a los obtenidos por métodos clásicos en las entallas simples, además permiten ver que se corresponde con la falla que se produjo en el eje estudiado.

REFERENCIAS

Pilkey W. D. y Pilkey D. F. (2008). *Peterson's Stress Concentration Factors* (3^{era} Ed.). John Wiley & Sons, Inc.

****

ESTUDIO DE MODELOS DE TURBULENCIA Y CAVITACIÓN PARA PREDECIR PATRONES DE FLUJOS CAVITANTES

Favio Moll[1]; Miguel Coussirat[1]

[1]Grupo LAMA, Universidad Tecnológica Nacional FRM
flavio.moll@docentes.frm.utn.edu.ar, fhmollstocco@gmail.com,
miguel.coussirat@frm.utn.edu.ar

Resumen: Los flujos cavitantes son un gran desafío para el análisis numérico por medio de la dinámica de fluidos computacional (CFD), fenómeno que implica flujos bifásicos y de alta turbulencia. Para analizar este comportamiento se ha desarrollado modelos matemáticos algunos de los cuales se encuentran dentro de softwares comerciales de simulación. Para poder aplicar estos modelos de cavitación, junto con modelos de turbulencia, se deben fijar una cantidad de parámetros de calibración que en general están definidos para condiciones de flujo simples (i.e., capa límite no desprendida) que no siempre están presentes en los diseños industriales. Este trabajo amplía los resultados ya obtenidos anteriormente en geometrías simples (Venturis de sección rectangular y orificios de sección circular o rectangular), estudiando en detalle los modelos de mejor comportamiento anteriormente seleccionados, ajustando los coeficientes de producción/disipación de energía turbulenta y algunos parámetros típicos del modelo de flujo cavitante los que pueden influir en la exactitud y estabilidad de las predicciones numéricas. Para el análisis se comparan valores del tamaño de la cavidad de vapor, perfiles de fracción de vapor y perfiles de velocidades entre otras variables. Se demostrará que es necesario una adecuada calibración de los modelos tanto de cavitación como de turbulencia que se utilizan, debido a la estrecha relación entre el estado turbulento del flujo y el comienzo de la cavitación tanto para casos estacionarios como no estacionarios.

Palabras claves: cavitación, validación, calibración, CFD, turbulencia, turbomáquinas

INTRODUCCIÓN

La cavitación se corresponde a una estructura bifásica (líquido-vapor) cuando la presión del líquido disminuye hasta su presión de vapor, p_v. Esta disminución de p_v puede deberse a diversos factores relacionados con la hidrodinámica del flujo y las propiedades físicas del fluido, pudiendo presentar diferentes características en cuanto a su configuración, (e.g. de burbujas, de lámina, supercavitación, etc., e.g. ver Hammit (1980), Brennen (1995), Franc y Michel (2004)). Una completa descripción de la fenomenología de la cavitación hidrodinámica relacionada con los intereses del presente trabajo puede encontrarse en Moll et al (2011), Moll et al (2012) y en Gandolfo et al (2013).

Numerosos experimentos se han hecho para intentar caracterizar el tipo de cavitación. Trabajos realizados sobre geometrías simples tales como orificios (Nurick, 1976), expansiones abruptas (Callenaere et al, 2001), Venturis (Stutz et al.,1997a, Stutz et al.,1997b,Stutz et al., 2000, Sato et al., 2003,Barre et al., 2009), o álabes sumergidos en una corriente (Le Q. et al., 1993), muestran que el estado de cavitación desarrollada tiene estructuras de vaporización/colapso de burbujas, similares a las que aparecen en dispositivos hidráulicos industriales, en ciertos casos de tipo periódica en su desarrollo, y dependen del estado fluido dinámico del flujo, siendo algunas de ellas más agresivas desde el punto de vista del daño por cavitación. En estos experimentos se han definido y se emplean diferentes parámetros de gran utilidad para clasificar el tipo de cavitación de cara a su estudio más detallado.

Para el caso de cavitación de lámina estacionaria, los casos de orificios (Nurick, 1976), muestran que puede definirse el tipo de cavitación sólo en función de un parámetro de cavitación σ (ver Ecuación (1)),definido en función de presiones a la salida del orificio y velocidades medias, (ver más detalles en Moll et al, 2011). Su rango de variación en cuanto al tipo de cavitación es limitado, pues es difícil observar fenomenología asociada a procesos no estacionarios debido a que las escalas del flujo bifásico en estos procesos son pequeñas. Para el caso de álabes, la situación ya es más compleja debido a que intervienen más parámetros y pueden observarse efectos de oscilaciones/desprendimientos de las cavidades formadas, con más claridad. La frecuencia de estas oscilaciones y desprendimientos puede ser medida de forma

relativamente simple y es por lo tanto un parámetro bien definido que puede relacionarse con el tipo de cavitación existente. Debido a que la frecuencia de desprendimiento no puede relacionarse directamente entre experimentos, muchas veces se adoptan parámetros adimensionales para la evaluación del comportamiento dinámico de una cavidad desarrollada (Dular et al, 2009). Un parámetro clásico para identificar este efecto es el número de Strouhal, ***Sr*** (ver Ecuación (2)). También, existe amplia información de la descripción del comportamiento global de las cavidades que se desarrollan en la parte superior del álabe bajo un cierto ángulo de ataque, α, y en relación a un cierto parámetro de cavitación σ (ver Ecuación (1)), definido específicamente para este tipo de problemas (Le Q. et al, 1993, Moll et al, 2011 y Moll et al, 2012). Para el caso de expansiones abruptas, la altura del escalón pasa a ser un parámetro relevante también (Callenaere et al, 2001). Para dispositivos tipo Venturi, ya sea de Venturis 2D, (Stutz et al.,1997a, Stutz et al.,1997b, Stutz et al., 2000,Barreet al., 2009), o axi-simétricos (Abuaf et al, 1981, Sato et al, 2003), la cavitación se caracteriza de forma similar a los experimentos ya discutidos; en función de una cierta geometría del dispositivo, del σ, definido ad-hoc, del ***Sr***y de los ángulos de inclinación de la pared convergente/divergente del mismo, α/β, (Figura 1). En este caso, la definición para el σ, está dada por la Ecuación (1):

$$\sigma = (p - p_v)/(0{,}5\rho v_\infty^2) \qquad (1)$$

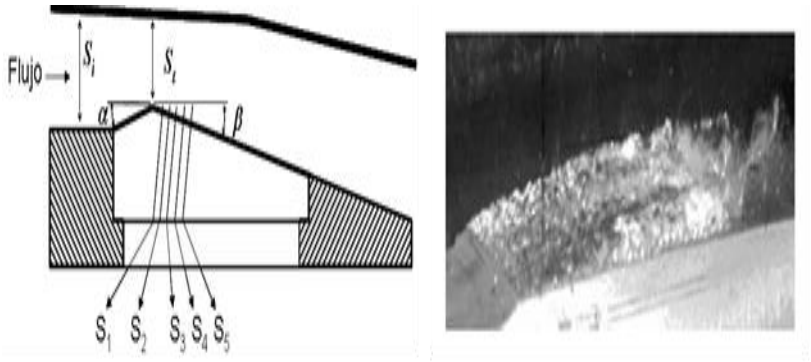
(donde p es la presión de referencia (absoluta) en una posición definida a la entrada de la zona de ensayo, p_v presión de vapor, ρes la densidad del fluido y v_∞ es la velocidad de la corriente libre en dicha entrada. La combinación de valores para σ (ver Ecuación (1)), y β permite definir distintos tipos de flujo cavitante de forma similar a lo presentado para otras geometrías, en donde el tipo de flujo cavitante es función de σ y la geometría. El Sr se define convenientemente a través de la Ecuación (2) como:

$$Sr = (f\,L)/\,v_\infty, \qquad (2)$$

donde ***f*** es la frecuencia característica de la oscilación, ***L*** es una longitud característica y $\boldsymbol{v_\infty}$ es la velocidad ya definida.

Figura 1

Geometrías simplificadas Venturis para estudios de cavitación y desarrollo de la burbuja sobre la pared del Venturi



Nota: Izquierda Geometrías simplificadas Venturis para estudios de cavitación:1) de lámina, estacionaria,(steady attached sheet cavitation, α=4,5º, β= 4º,según Stutz et al.,1997a, Barreet al., 2009), 2)lamina/nube, no estacionaria (unsteady sheet/ re-entrant jet cavitation,α=18º, β=8º,según Stutz et al., 1997b y Stutz et al., 2000).Derecha: Desarrollo de la burbuja sobre la pared del Venturi, (α= 4,5º, β=4º, ppm ~8, v=7.2 m/s, steady attached sheet cavitation)

En el caso de Venturis 2D las referencias citadas presentan resultados experimentales muy completos de la fracción de vapor y perfiles de velocidades dentro de la burbuja (estaciones S_1, S_2, S_3, S_4 y S_5, como se muestra en la Figura 1) y de la longitud de la cavidad, usando como referencia la isolínea de fracción de vapor 0,2 o 0,3,en una geometría básica como la mostrada en la Figura 1, con cambios en los ángulos $\boldsymbol{\alpha}$ y $\boldsymbol{\beta}$ que permite modificar la estructura del flujo cavitante desde cavitación de lámina estacionaria (steady sheet attached cavity) hasta cavitación del tipo lamina/nube no estacionaria, en donde aparece el fenómeno de recirculación del flujo (unsteady sheet/re-entrant jet cavity). Se midió también el nivel de turbulencia en la entrada, los parámetros relacionados con $\boldsymbol{\sigma}$, (ver Ecuación (1)), la temperatura, la $\boldsymbol{p_v}$ y el nivel de gases disueltos en el agua. Asimismo, se indica cual es el grado de incerteza de las medidas experimentales y la metodología utilizada para su cálculo.

En este caso la altura de la garganta S_t y de la sección de la entrada S_i, es 43,7 mm y 50 mm. Y tiene un ancho uniforme de 40 mm. La distancia horizontal a la garganta de cada una de las estaciones de medición es S_1=5,1 mm, S_2=20,9 mm S_3=38,4 mm, S_4=38,4 mm y S_5=73,9 mm.

Los experimentos muestran que cuando la velocidad es de 7,2 m/s en la sección de entrada al Venturi y los ángulos son α=4,5º, β= 4,0º respectivamente, la cavidad formada es muy estable caracterizada por una longitud casi constante en el tiempo, aunque la región de cierre de la burbuja muestra pequeñas fluctuaciones debido a pequeños desprendimientos de burbujas de muy pequeño tamaño, y a un incipiente y muy localizado fenómeno del tipo re-entrant jet en el final de la cavidad, esto es, existe flujo reverso en las cercanías de la pared del Venturi en esa zona. No se han observado para este caso ciclos periódicos de grandes desprendimientos. Estos ciclos si se observan cuando se incrementan los ángulos a α=18,0º, β= 8,0ºpara velocidades incluso menores (del orden de 7,0 m/s) que las del caso anterior. Se observa que aparece una cavidad con su comienzo establemente vinculado a la pared en la zona de la garganta del Venturi, que va creciendo progresivamente hasta que en su extremo corriente abajo se inicia un proceso de re-entrant jet que hace que la cavidad se desprenda y se convecte corriente abajo. Este proceso es cíclico y se pueden identificar frecuencias características de desprendimiento.

La predicción, o mejor, la posibilidad de evitar daños por cavitación ha sido el objeto de muchos de los experimentos ya mencionados. Este fenómeno, por su complejidad (hay múltiples dependencias entre parámetros del fluido/flujo) no es posible de predecir mediante formulaciones teóricas. Generalmente se considera que los principales parámetros que influencian el comienzo de la cavitación y sus siguientes estados son la geometría por donde fluye el fluido, la presión absoluta y la velocidad del flujo, y la presión crítica, $p_{crít}$, que es asociada en la mayoría de los casos a la presión de vapor, p_v, que es la presión en donde el líquido comienza a sufrir el cambio de fase a fase vapor. La evidencia experimental (Keller,1992), indica que el fenómeno de cavitación está regido fuertemente por dos grupos principales de parámetros: los que caracterizan el fluido (e.g., su viscosidad, su cantidad de núcleos, esto es, impurezas y gases disueltos, que afectan el comienzo de la cavitación), y otras

que caracterizan el flujo (e.g., velocidad media, su nivel de turbulencia, el desarrollo de capas límites, desprendimientos). Muchos de estos parámetros son difíciles de medir y luego no son tenidos en cuenta. Estos resultados, provenientes de una extensiva experimentación, indican que es necesario tener una clara identificación tanto de los efectos viscosos como de la calidad del agua (impurezas llamadas núcleos) para asegurar reproductibilidad de resultados. Desafortunadamente, mucha de la información experimental no indica claramente los valores de estos parámetros tan importantes.

Según lo previamente reseñado, para el estudio de estos flujos, históricamente, se han utilizado ensayos experimentales. Más recientemente se ha empezado a usar mecánica de fluidos computacional (CFD por sus siglas en inglés) para caracterizar este tipo de flujos, debido a que la estructura de los bancos de ensayo es compleja, con numerosos sensores para la medición de parámetros de interés y de alto costo de los experimentos. Luego, es de interés evaluar si mediante modelado CFD se puede caracterizar el tipo de estructura que posee la zona de vaporización/colapso de las burbujas en diferentes dispositivos hidrodinámicos. El modelado CFD de flujos cavitantes recién se ha comenzado a abordar intensivamente desde hace una década, debido a que este tipo de flujo muestra una gran complejidad (Moll et al, 2011, Moll et al, 2012, Gandolfo et al, 2013). Una buena cantidad de referencias de estos trabajos numéricos con desarrollo y aplicación de CFD a experimentos en geometrías simples tales como escalones, orificios, Venturis, cuerpos sumergidos aislados (cuerpos romos y álabes) e incluso turbomáquinas hidráulicas (Moll et al, 2011, Moll et al, 2012, Gandolfo et al, 2013). Estos desarrollos hacen que al presente, dentro de un código numérico CFD comercial (ANSYS-Fluent v13, 2010), o abierto (. OpenFoam, v2.1.1, 2012), utilizado para las simulaciones del presente trabajo, se dispongan de varios submodelos: A) para la turbulencia: del tipo EVM (Eddy Viscosity Models), (e.g.: Spalart-Allmaras (S-A), k-ε en sus diferentes versiones, k-ω en sus diferentes versiones), o del tipo Reynolds Stress Model (RSM), o del tipo Large Eddy Viscosity (LES) o Detached Eddy Viscosity models (DES) (Launder et al, 1975, Wilcox, 1993, Versteeg et al, 1996, Durbin et al, 2001); B) para la cavitación (Singhal et al, 2002, Zwart et al, 2004).

El estado actual de desarrollo en el ámbito de modelado numérico de flujos turbulentos y bifásicos (e.g., cavitación) industriales, y su costo en términos de tiempo de CPU, implica generalmente sólo el uso de modelos del tipo EVM que representan las fluctuaciones de manera escalar, o del tipo RSM que tienen en cuenta la forma tensorial de estas fluctuaciones. Más recientemente se han presentado simulaciones con modelos tipo LES combinados con modelado de la interfase líquido-vapor del tipo Volume of Fluid (VOF) (Nouri et al, 2011) que presentan detalles de fracción de vapor y perfiles de velocidad junto con estructuras de flujo cavitante en Venturis, pero las opciones del tipo LES están aún lejos de ser aplicadas a modelado industrial. Por lo que la selección/combinación más idónea de submodelos del tipo EVM/RSM + cavitación, así como sus respectivas calibraciones, es aún un tema abierto, tanto en términos de buena aproximación a los resultados experimentales, como de tiempo de CPU consumido, en la aplicación de CFD.

Relacionado con la selección de submodelos adecuados para la turbulencia y para la cavitación, en trabajos previos a éste (Moll et al, 2011, Moll et al, 2012) ya se estudió con bastante detalle que combinación de submodelos era la mejor en casos de orificios y Venturis. Específicamente, para el modelado de la cavitación se definió el uso de modelo de Singhal por ser más completo frente a otras opciones. En estos trabajos puede encontrarse una completa referencia de todos los submodelos utilizados, incluyendo discusiones sobre algunos de los parámetros de modelado que permitían ajustar los resultados experimentales de una manera más eficiente. Una de las conclusiones obtenidas, respecto del modelado de la turbulencia, es que no puede definirse claramente la superioridad de un submodelo sobre otro. La calidad de las aproximaciones obtenidas es siempre "problema-dependientes". Es por ello que muchas veces se justifica el uso de más de un modelo (Coussirat, 2003) a los efectos de tener una cierta garantía de que las aproximaciones obtenidas sean adecuadas. Para el caso de flujos cavitantes la aproximación RANS+EVM/RSM + Singhal; conduce a una separación de baja frecuencia entre las escalas computadas directamente o mediante modelado. Para el caso de una gran cantidad de flujos cavitantes no estacionarios con frecuencias de desprendimiento periódico por debajo de 100Hz esta

aproximación es suficientemente buena (Moll et al, 2011), aunque también se sabe que la mayoría de los EVM tienen dificultades cuando se aplican a estos casos, debido a la sobre-predicción de la viscosidad turbulenta que reduce el desarrollo de inestabilidades típicas en flujos con cavitación de lámina (i.e., attached sheet cavitation (Goncalves et al, 2009)). Una posibilidad de ajustar mejor estos casos es la limitación de la viscosidad turbulenta en esas zonas, lo que ha conducido a numerosas estrategias para hacer esto (Coutier Delgosha et al., 2003a, Vaidyanathan et al.,2003, Goncalveset al., 2009, Barreet al., 2009). Más específicamente, y en lo que respecta a la calibración de los submodelos mediante estudios de sensibilidad a sus parámetros internos (Coutier-Delgosha et al, 2003a), para el caso de Venturis y cavitación del tipo lamina/nube, señalan la fuerte dependencia existente entre el modelado de cavitación y de la turbulencia como era de esperarse. Estos autores muestran que la sobrepredicción de viscosidad turbulenta en la parte posterior de la cavidad conduce al cómputo de una consecuente sobrepredicción de la fracción de vapor en esa zona. El trabajo de Vaidyanathan et al (2003) muestra que adecuadas combinaciones de parámetros que afectan la producción/disipación de turbulencia en conjunto con los parámetros que regulan la evaporación/condensación de fases pueden mejorar la predicción de la fracción de vapor en diferentes geometrías de cuerpos sumergidos, pero sólo usando un modelo k-ε. Similares resultados para el caso de Venturis han sido presentados por Reboud et.al (2003), incluyendo efectos de compresibilidad en el modelado de la turbulencia, para varios modelos turbulentos, pero sólo incluyendo estudios de sensibilidad de parámetros relacionados con el control de la viscosidad turbulenta para el modelo k-ε.

Uno de los objetivos del presente trabajo es ampliar los estudios de sensibilidad de parámetros ya realizados en trabajos previos ya reseñados, extendiéndolos a un mayor número de modelos turbulentos y a casos de cavitación del tipo lamina/nube, donde los efectos no estacionarios ya son importantes, pues el efecto de re-entrant jet afecta fuertemente el comportamiento de la zona de vaporización/condensación de la cavidad, generándose ciclos de compresión-expansión-desprendimiento dentro de la misma. A partir de lo expuesto, se pretende explorar esta posibilidad con más

detalle utilizando los datos experimentales de Stutz et al,1997a, Stutz et al,1997b, Stutz et al, 2000 y Barre et al, 2009, debido a la amplia información experimental para caracterizar la estructura del flujo cavitante.

METODOLOGÍA DESARROLLADA

Como parte de las actividades de I+D que actualmente se desarrollan en la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, (FRM-UTN), existe un proyecto orientado a caracterizar la fenomenología de la cavitación y el daño que ésta produce en TMH, siendo el desarrollo de este proyecto de carácter interdisciplinario. Una parte del trabajo a desarrollar implica la construcción de un banco de ensayos experimentales (tipo Venturi) que contempla la introducción de probetas recargadas con distintos tipos de aleación, para analizar la resistencia de éstas al daño por cavitación, mediante el análisis de la estructura microscópica de la probeta ensayada y de la tasa de pérdida de material que ésta sufre después de un cierto tiempo de ensayo. Los resultados obtenidos pretenden identificar las mejores aleaciones que puedan luego ser utilizadas como material de base en la construcción o de recargue de zonas afectadas por el daño, durante la reparación de TMH. En la realización de cada ensayo del banco, los costos de operación y el tiempo del ensayo (alrededor de 150h en promedio) son elevados, luego, se pretende disminuir el número de ensayos. Un objetivo dentro del proyecto es tratar de identificar mediante CFD el tipo de configuración hidrodinámica (geometría del Venturi/probeta y parámetros del flujo circulante por el dispositivo de ensayo) que permita la disminución de tiempos de ensayo, vinculada con el tipo de flujo cavitante en la zona de ensayo, pues se sabe que ciertos tipos de cavitación son más agresivos que otros en lo que respecta a provocar daño en el material de recargue de las probetas. Relacionado con estas tareas de CFD, en trabajos previos (Moll et al, 2011, Moll et al, 2012 y Gandolfo et al, 2013) ya se presentaron algunos resultados relacionados con estudios de validación y de sensibilidad a parámetros de CFD para flujos cavitantes. La experiencia adquirida en estos trabajos previos permite, a partir de una definición idónea de algunos parámetros (e.g. tamaño de celdas, y+, etc.) disminuir los estudios de independencia de

resultados a la calidad/tamaño de celdas de la malla de cálculo. Este trabajo amplía resultados ya obtenidos, estudiando en detalle los modelos de mejor comportamiento ya seleccionados, producto de la experiencia adquirida. Se ha seguido utilizando geometrías simples (tipo Venturi) con el objeto de centrarse en los modelos de turbulencia y cavitación ya probados para casos estacionarios y por tener una abundante información experimental de flujos cavitantes en estas geometrías. Un detalle interesante en el caso de Venturis, es que es posible controlar la zona en donde comienza a formarse la cavidad, ya que ésta comienza en la garganta por ser la zona de menor presión, siendo así el problema más controlado y por tanto ventajoso. Los trabajos de validación/calibración se llevaron a cabo comparando perfiles de velocidad del fluido, la presión en la zona cavitante y la frecuencia del ciclo de crecimiento y decrecimiento de la cavidad, entre otras variables, ajustando los coeficientes de producción/disipación de energía turbulenta y algunos parámetros típicos del modelo de flujo cavitante los que pueden influir en la exactitud y estabilidad de las predicciones numéricas.

Definición de los modelos numéricos

Para la simulación mediante CFD se utiliza el método de los volúmenes finitos. Se parte de los datos experimentales dados en Barre et al. (2009), en donde se presentan experimentos para flujos cavitantes del tipo de lámina (Venturi de 4º) y de lámina nube con re-entrant jet (Venturi de 8º). Se definieron mallas de cálculo partir de las geometrías de los bancos experimentales y de la definición de las condiciones de borde específicas para cada caso, las que surgen de análisis de los datos experimentales.

Mallado, tipo de flujo y condiciones de borde

Se usaron parámetros de mallado (tamaño de celda, y+, etc.) para definir su calidad y la independencia de resultados con la malla, ya estudiados en el trabajo previo de Moll et al (2011). El flujo se modeló como 2D, ya que estudios previos usando geometrías completamente 3D no afectaron mucho la calidad de los resultados obtenidos (Moll et al, 2011, 2012 y Gandolfo et al (2013).Se comprobó nuevamente que valores del parámetro y^+ en el rango de 15-50,con algunos valores de y+ <15;implicaban una muy débil dependencia de los resultados a la malla. Para el caso de cavitación de lámina cuasi-estacionaria (steady attached sheet cavity) de

Barre et al (2009), se usó la presión de vapor y la concentración de gases no condensables del ensayo. La temperatura, en todos los casos es de 293.15 K. Se definieron las condiciones de frontera: velocidad a la entrada y presión estática a la salida, según datos del ensayo. Como precaución, se extendió el dominio de cálculo en la entrada lo suficiente como para dar lugar al desarrollo de una capa límite en el flujo y estabilizar el flujo. La magnitud de esta extensión se calcula en función del número de Reynolds, **Re**, del sistema de manera similar al caso de tubería de sección circular. Para lograr las condiciones de flujo cavitante en el modelo CFD, a partir de la presión estática inicial definida en la salida, se fue disminuyendo de modo de lograr el valor de σ adecuado en una sección de referencia en la entrada al igual que se hizo en el experimento (σ= 2,4). Se comprobó también que el flujo tiene una configuración más estable si se extiende el dominio de cálculo a la salida del Venturi una cierta longitud en la dirección del flujo y con sección constante. Esta estrategia ya se utilizó en los trabajos anteriores e implica una mejora en la convergencia y en los tiempos de CPU invertidos para lograrla.

Parámetros de modelado y esquemas de discretización utilizados

a partir de calcular el tiempo característico de evolución de la cavidad (tiempo promedio aproximado de duración de un ciclo de crecimiento/decrecimiento), se establecieron tres pasos de tiempo: 1×10^{-3}, 1×10^{-4} y de 1×10^{-5} s, para tratar de capturar las oscilaciones de la cavidad mediante CFD. Los parámetros de modelado son similares al caso de flujo estacionario, esto es: esquemas de estabilización del tipo upwind de segundo orden o QUICK, acoplamiento presión-velocidad mediante algoritmo tipo SIMPLE. Se fijaron los residuos normalizados en 10^{-5} y se utilizaron los pasos de tiempo definidos para la simulación no estacionaria. Todos los casos han sido simulados en doble precisión, con un solver del tipo "Pressure-Based" y formulación de la velocidad "Absolute" (ANSYS-Fluent v13, 2010).

Submodelos para la turbulencia y para la cavitación utilizados

A partir de la experiencia obtenida en Moll et al (2011, 2012) y Gandolfo et al (2013), se definió el uso de los modelos de Spalart-Allmaras (S-A),Standard k-ε y RSM combinado con el “full cavitation

model” de Singhal et al., 2002, para la cavitación (ANSYS-Fluent v13, 2010).
Para el caso cavitación de lámina cuasi-estacionaria de Barre et al (2009) se estudió con un poco más de detalle los parámetros relacionados con la turbulencia. Cuando se usó el modelo de turbulencia de S-A, de 1 ecuación de transporte, que simula la producción/transporte/disipación de la viscosidad turbulenta, se modificó el parámetro asociado a la producción de viscosidad turbulenta ($C_{\omega 2}$), mientras que cuando se usaron tanto el modelo Standard k-ε como un RSM se probaron distintas combinaciones de los parámetros C_{μ} y $C_{1\varepsilon}$ que afectan al cálculo global de la viscosidad turbulenta. Los valores iniciales para las constantes de estos modelos se han obtenido por numerosas iteraciones de ajuste de datos para una amplia gama de flujos turbulentos y actualmente, en los códigos de CFD se permite modificar estos parámetros. Sin embargo, esta no es una tarea trivial, pues hay que tener claridad en los efectos que producen tales cambios en las ecuaciones de transporte de las cantidades asociadas al estado turbulento del flujo. En el caso del modelo de S-A, la modificación de parámetros que afectan la viscosidad turbulenta es más "sutil" ya que sólo se afecta su producción y no su transporte o disipación. En el caso del modelo de cavitación utilizado (Singhal et al., 2002,) se utilizaron los valores de los parámetros definidos por defecto en el código numérico. En conjunto con el análisis previo, el estudio de la influencia en los resultados de los pasos de tiempo definidos, permitió concentrarse en identificar los pasos de tiempo más adecuados para lograr independencia de resultados al paso de tiempo elegido para la discretización numérica y evitar el aliasing en los resultados numéricos.

RESULTADOS OBTENIDOS

Caso de Barre et al., 2009 (*β = 4º*, cavitación de lámina cuasi-estacionaria)

En busca de poder capturar flujo reverso en los perfiles de velocidad obtenidos para cada punto estación (S_1, S_2, S_3 S_4 y S_5, ver Figura 1) a través de una simulación CFD no estacionaria, utilizando la combinación de parámetros de mejor ajuste obtenido mediante CFD estacionario, de los resultados experimentales presentado en Gandolfo et al (2013) donde se definió para el modelo de cavitación

el de Singhal, con un valor de $7{,}5\times10^{-6}$ ppm para fracción de gases disueltos, y para el de turbulencia el de RSM con un coeficiente C□ de 0,09.

Del análisis comparativo de los valores obtenidos por el modelo numérico con los datos experimentales (Barre et al., 2009), el refinamiento en el paso de tiempo utilizado para el cálculo no fue capaz de capturar las pequeñas fluctuaciones en el final de la cavidad señalada en los experimentos, que se correspondería con una cavitación de lámina cuasi estacionaria con flujo re-entrante incipiente, en donde empiezan a manifestarse los efectos transitorios según los experimentos. Al igual que en el caso estacionario, se sobrepredice el coeficiente de cavitación y la longitud de la cavidad. Similares resultados (no mostrados) se obtuvieron con el modelo Standar k-ε con los mismos coeficientes, como era de esperarse.

En el análisis de los perfiles de velocidad modelados se observa un razonable ajuste con los datos experimentales en las estaciones 1y 2, no así para las estaciones 3, 4, y 5 donde no se captura el flujo reentrante (Figura 2 y Figura 3), de manera similar al caso estacionario ya presentado en Gandolfo et al (2013). Así mismo los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas para los diferentes pasos de tiempo estudiados.

Figura 2

Perfiles de velocidades para estación 1 con pasos temporales de □T= 1,0E-3; 1,0E-4 y 1,0E-5 segundos

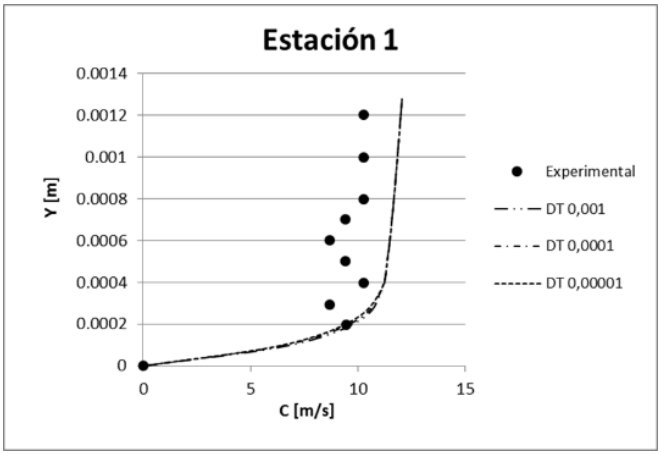
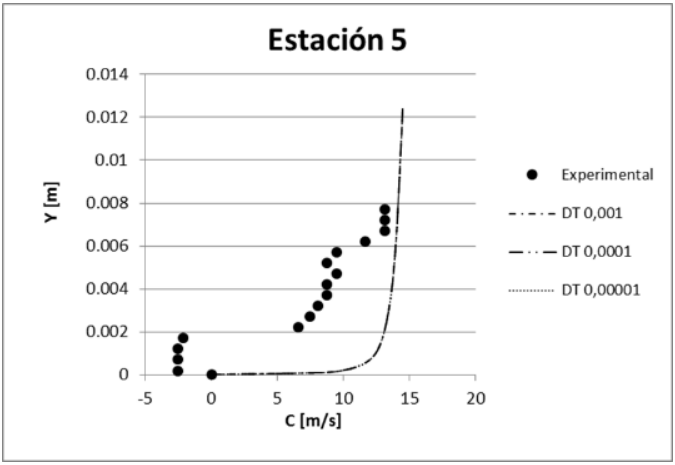


Figura 3

Perfiles de velocidades para estación 5 con pasos temporales de □T= 1,0E-3; 1,0E-4 y 1,0E-5 segundos



De igual modo se analizó las fracciones de vapor calculadas, llegando a conclusiones similares, esto es, buen ajuste para las estaciones 1 y 2, y una sobrepredicción en la fracción de vapor para las restantes estaciones3, 4 y 5 (Figura 4 y Figura 5).

Figura 4

Fracción de vapor para estación 1 con paso temporal de □T= 1.0E-5 segundos

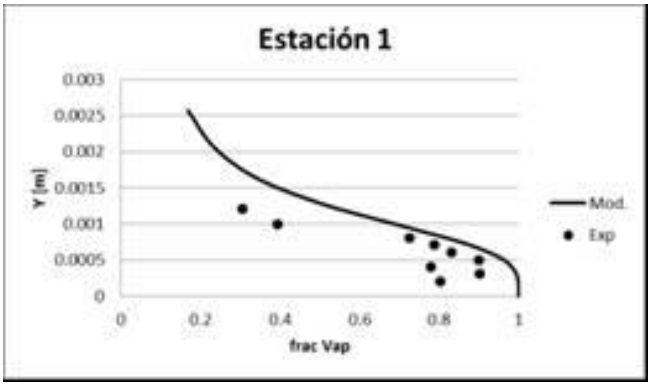
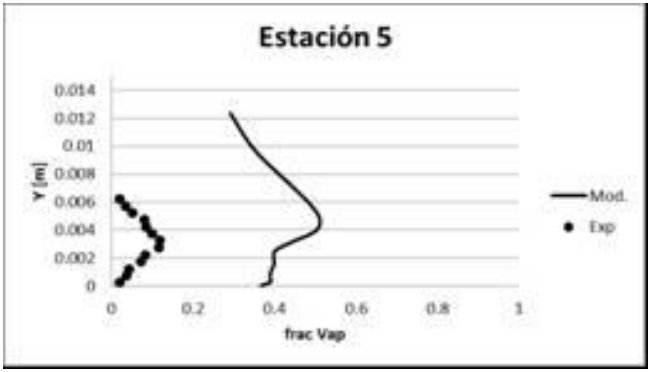


Figura 5

Fracción de vapor para estación 5 con paso temporal de □T= 1.0E-5 segundos



Caso de Barre et al., 2009 (*β = 8º*, cavitación de lámina/nube con re-entran jet)

En este caso los efectos no estacionarios ya se manifiestan claramente, como muestran los experimentos. Las principales variables a observar para comparar lo registrado experimentalmente con el modelado CFD, son la fracción de vapor en la garganta del Venturi, la presencia de flujo reverso (re-entrant jet) en las cercanías a la pared inferior y las fluctuaciones de estas propiedades.

El modelo Standard k-ε ha sido utilizado ampliamente desde que fue desarrollado (Launder et al., 1975) debido su razonable exactitud para un amplio número de flujos y transferencia de calor de aplicación industrial. Éste posee varios parámetros de ajuste, entre ellos C_μ, y C_ε los cuales se encuentran calibrados para casos de flujos simples. Actualmente no está completamente relevado el impacto de estos parámetros de calibración y su importancia en diferentes escenarios de aplicación, sabiendo que en muchas situaciones tal calibración es específica del problema (Bardow et al, 2007). Para el caso del modelo RSM, pese a su mayor complejidad, pues es un modelo tensorial y no del tipo EVM, existe un conjunto de parámetros similares, con similares comentarios respecto de su calibración y generalidad. Esto hace necesario que se busque identificar la influencia estos parámetros para la predicción de flujos turbulentos/cavitantes para este caso particular. Se ha comenzado por estudiar las constantes C_μ y $C_{\varepsilon 1}$ del modelo Standard k-εdebido a que se identifica más directamente su efecto sobre la viscosidad turbulenta.

En la Tabla 1 se muestran valores representativos del rango estudiado para los parámetros del modelo ya señalados. Los valores predefinidos por defecto para los coeficientes son: $C_{1\varepsilon}$= 1,44 y C_μ = 0,09. Con valores mayores que los predefinidos de C_μ se obtuvieron mejoras de los resultados con respecto a los obtenidos con los valores predefinidos de los parámetros. El efecto de incrementar estos parámetros implica el incremento de la viscosidad turbulenta, lo que incrementa la transferencia de materia del estado de agregación líquido hacia el gaseoso, con un aumento de la cavidad de vapor en la zona de la garganta con dimensiones similares a las observadas experimentalmente.

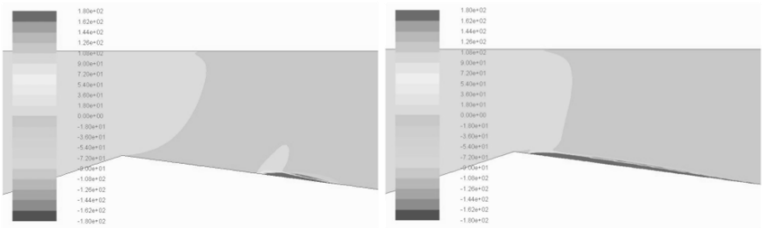
Tabla 1
Rango de coeficientes ajustados para el modelo k-ε

$C_{1\varepsilon}$	1,44	1,44	1,44	0,7	2,8	1,65
C_{μ}	0,09	0,045	0,9	0,045	0,09	0,18

Por otro lado, el fenómeno de desprendimiento observado y la presencia de flujo reverso que lo produce, se vio disminuido. Esto explica que este tipo de cavitación, caracterizado por efectos no estacionarios presente condiciones más estables de lo esperado, con tendencia a amortiguarse lo que conduce a un comportamiento estacionario. En la Figura 6 se compara la dirección de la velocidad para dos valores del parámetro representativos del rango estudiado.

Figura 6

Dirección de la velocidad para C_{μ} = 0,18 (izq.) y Cμ = 0,045 (der.).



Nota. Nótese el incremento de la zona de flujo reverso en la zona de la pared inferior del Venturi (-180º)

Al disminuir el valor de C_{μ}, se obtuvo el efecto contrario, obteniendo una cavidad de menor volumen y con un comportamiento más estable debido a que está confinada sólo a una pequeña zona de la garganta y no influenciada por velocidades en dirección contraria a la dirección media del flujo. El flujo reverso también mostró ser muy sensible a las variaciones de $C_{1\varepsilon}$.Valores menores en un 10% al definido por defecto llevaron a la desaparición de efectos no estacionarios y por ende a un flujo con características estables. Con valores mayores del estándar comienzan a aparecer zonas con

desprendimiento de capa límite, acercándose al comportamiento real. Para valores aproximadamente mayores en un 20%, los perfiles de velocidad de la capa límite mostraron flujo reverso de características no estacionarias en gran parte de la zona divergente, inclusive en la pared superior. Lo que, al parecer según los datos experimentales disponibles, es excesivo, por lo que este valor puede ser tomado como límite para futuros trabajos.

Es también de interés el cálculo obtenido con la combinación de parámetros ensayada por Bardow et al (2009). Esto es, valores de$C_{1\varepsilon}$=1,37; C_{μ}=0,11 más otros ajustes de calibración que permiten una correcta caracterización para el caso de flujo entre dos placas paralelas. Pero para este sistema el flujo obtenido, es netamente estacionario, con una cavidad gaseosa de dimensiones similares a las experimentales, pero sin generación de flujo reverso (más detalles se pueden ver en el manuscrito de referencia).

El otro modelo utilizado fue S-A, el cual resulta de especial interés ya que se trata de un modelo de una ecuación, lo que hace que el tiempo de CPU se vea disminuido en relación al modelo Standard k-ε o al RSM. Esto en casos no estacionarios como el estudiado, puede ser significativamente ventajoso. Para este modelo el parámetro de estudio fue el denominado $C_{\omega 2}$, que afecta directamente la producción de energía cinética turbulenta, no su valor global. El rango estudiado fue $0{,}15<C_{\omega 2}<0{,}6$; siendo el valor por defecto el de 0,3. Los resultados obtenidos mostraron que para las condiciones estudiadas, cambios dentro del rango indicado, tienen sólo influencia leve sobre las características más significativas del flujo. En la Figura 7 se muestra la fracción de vapor para los valores extremos del intervalo estudiado. Se puede apreciar un leve aumento de la cavidad con la disminución de este parámetro.

Para el menor valor del parámetro, en la Figura 8 se muestra el registro de la presión media en la entrada de la geometría a través del tiempo, y en la figura izquierda el análisis de frecuencia por transformada de Fourier de la señal de presión, los resultados muestran menores frecuencias a las obtenidas experimentalmente (Coutier-Delgosha et al., 2003b). El Strouhal obtenido es aproximadamente un 30% menor al rango característico para esta geometría. Es de esperar que, aumentando la inestabilidad del flujo, a través de mejorar la caracterización del desprendimiento de la

capa límite, la frecuencia se acerque al rango buscado. En trabajos anteriores (Gandolfo et al., 2013) comportamientos similares se obtuvieron para otras geometrías, pero con mayor diferencia entre la duración de los ciclos experimentales y calculados.

Figura 7

Fracción de vapor para $C_{\omega 2}$= 0,6(izq.) y $C_{\omega 2}$=0,15 (der.).

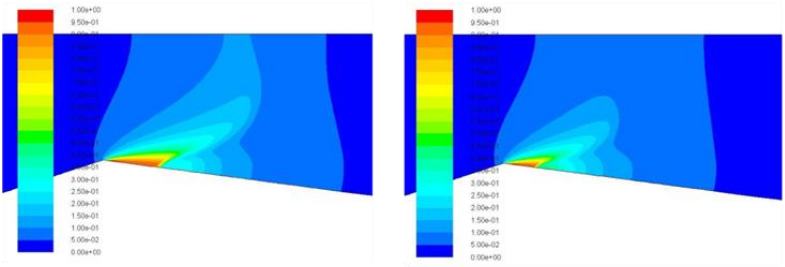
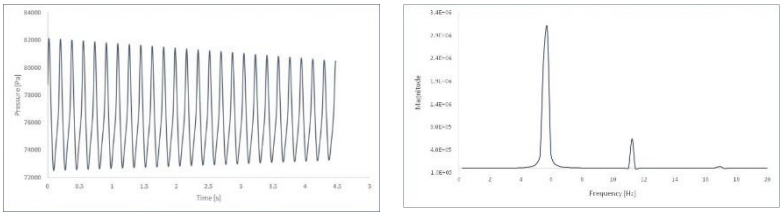


Figura 8

Izquierda, registro de presión en la entrada de la geometría. Derecha, transformada de Fourier



En la Figura 9 a la derecha se muestran fotogramas obtenidos para medio ciclo, hasta aproximadamente el mayor valor de la cavidad (70 mm aprox.), ya que a partir de este punto la zona ocupada por vapor disminuye. Estos resultados experimentales se obtuvieron a partir del procesado y promediado de imágenes para el hemiciclo de crecimiento/desprendimiento de la cavidad. Puede observarse que siempre queda una cavidad "fija" que crece y decrece (se muestra sólo su crecimiento) y otra parte se desprende y convecta

corriente abajo. A la izquierda en la figura, se muestra la misma secuencia de tiempo, pero obtenida mediante CFD. Se puede observar que para todas las combinaciones de submodelos utilizados, la predicción del desprendimiento de la cavidad gaseosa no alcanza el comportamiento experimental. se predice una cavidad gaseosa levemente menor a la observada experimentalmente, aunque la comparación es solo cualitativa, ya que la información experimental no indica datos de fracción de vapor y tampoco se observa claramente la zona de desprendimiento que luego se convecta. Para evaluar el comportamiento de la velocidad del fluido, se representa en la Figura 10 la dirección. Al igual que lo observado en el experimento, numéricamente se produce flujo reverso debido al desprendimiento de la capa límite en la pared inferior. Se deja para un futuro trabajo la evaluación cuantitativa de este comportamiento.

Figura 9

Secuencia de la evolución de la fase Vapor, numérica (izquierda) y experimental (derecha)

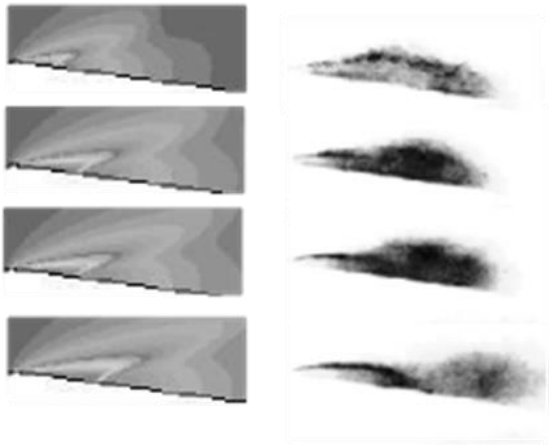


Figura10

Ángulo de la velocidad. -180º representa una dirección contraria a la velocidad media del fluido

CONCLUSIONES

Se han simulado flujos en Venturis con configuración de flujo cavitante con una estructura cuasi-estacionaria y no estacionaria probando la sensibilidad de parámetros que controlan el cálculo de la viscosidad turbulenta.

Se trataron de detectar las estructuras no estacionarias y el flujo reverso para el caso de $\beta = 4^{o}$mediante un modelado no estacionario, ya que resultados previos obtenidos en Gandolfo et al (2013), no mostraban estos efectos, definiendo tres pasos de tiempo (1×10^{-3},1×10^{-4}y 1×10^{-5}). Los resultados obtenidos mostraron ser muy poco sensibles a esta variación obteniéndose perfiles de velocidad y fracciones de vapor iguales para los valores adoptados. Así mismo con ningún paso de tiempo se pudo caracterizar el fenómeno de flujo reverso que presenta el experimento en el final de la cavidad de vapor.

En el caso netamente no estacionario ($\beta = 8^{o}$), se pudo comprobar que una adecuada modificación de los parámetros que controlan el cálculo de la viscosidad turbulenta permiten capturar los efectos de flujo reverso en la zona de la cavidad. Asimismo, las frecuencias de fluctuación de la presión en la garganta del Venturi medidas experimentalmente son reproducidas con cierta aproximación mediante CFD, lo que permite decir que los resultados obtenidos

son prometedores. La comparación de perfiles de velocidades y fracciones de vapor en las diferentes estaciones permitirá un análisis más detallado de la capacidad de obtener mediante CFD estructuras del flujo cavitante cuando se esté en condiciones de cavitación del tipo lamina/nube en presencia de efectos de re-entrant jet.

REFERENCIAS

Abuaf N., Wu B., Zimmer G., Saha P., *A study on nonequilibrium flashing of water in a converging-diverging nozzle,* NUREG/CR1864. Office of Nuclear Regulatory Research, BNL-NUREG-51317-Vol 1 N.Y. (USA)

Ansys Fluent, user ad theoretical guides, **www.fluent.fr**, 2010.

Bardow, A., Bischof, C.H., Bucker, H.M. (2008). Sensitivity-based analysis of the k-ε model for the turbulent flow between two plates. *Chemical Engineering Science*, 63:4763 – 4775.

Barre S. Rolland J., Boitel G., Goncalves E., and Fortes Patella R. (2009), Experiments and modeling of cavitating flows in venture: attached sheet cavitation. *European Journal of Mechanics B/Fluids* 28, 444-464. Elsevier.

Brennen C. (1995), *Cavitation and Bubble Dynamics*, Oxford University Press.

Callenaere M., Franc J., Michel J. and Riondet M. (2001), The Cavitation Instabilitiy Induced by the Development of a Re-Entrant Jet. *J. Fluid Mech.*, 444, 223-256.

Coussirat M. (2003), *Theoretical/Numerical Study of Flows with Strong Streamlines Curvature*, PhD Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

Coutier-Delgosha O., Fortes Patella R., Reboud J. (2003), Evaluation of the turbulence model influence on the numerical simulation of unsteady cavitation. *Journal of Fluids Engineering*, 42, 527-548.

Coutier - Delgosha O., Reboud J., Delannoy Y. (2003), Numerical simulation of the unsteady behaviour of cavitating flows. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 38-45.

Dular M, Bachert R, (2009). The issue of Strouhal number definition in cavitating flow. *Journal of Mechanical Engineering, 55*(11), 666:674.

P. and Pettersson R. (2001), *Statistical theory and modeling for turbulent flows (*1^{era}edición). Wiley.

Franc J. and Michel J. (2004). *Fundamentals of Cavitation.* Kluwer academic publishers.

Gandolfo E, Cappa F, Moll F, Coussirat M, Fontanals F, Guardo A, (2013). *Validación/calibración de modelos para flujos cavitantes, aplicación al diseño en ingeniería,* ENIEF 2013.

Goncalves E, Fortes Patella R, (2009). Numerical simulations of cavitating flows with homogeneous models. *Computer & Fluids*, 1682-1696.

Hammit F (1980), *Cavitation and multiphase flow phenomena.* McGraw-Hill.

Keller P, (1992). Cavitation Inception -new scaling laws, developed by consideration of a parameter of influence generally blurring experimental results*. ImechE*.

Launder G, Reece J, and Rodi W, (1975). Progress in the Development of a Reynolds-Stress Turbulence Closure. *J. Fluid Mech., 68*(3), 537-566.

Le Q, Franc J, and Michel J, (1993). Partial Cavities: Global Behaviour and Mean Pressure Distribution. Journal of Fluids Engineering, *115*(2), 243-248.

Moll F, H, Manuele D, Coussirat M, Guardo A, Fontanals A, (2011). *Caracterización del tipo de cavitación mediante dinámica computacional de fluidos para posteriores aplicaciones al estudio experimental del daño de cavitación.* ENIEF 2011*.*

Moll F, Manuele D, Coussirat M, Cappa F, Gandolfo E, Guardo A, Fontanals A (2012). *Optimización de un banco de ensayos de cavitación mediante fluidodinámica computacional orientado al estudio experimental del daño por cavitación*, MECOM 2012.

Nurick W (1976). Orifice Cavitation and its Effect on Spray Mixing*. Journal of Fluids Engineering*, 681-687.

Nouri N, Mirsaeedi S, Moghimi M, (2011). *Large eddy simulations of natural cavitating flow in Venturi-type sections*, Proc. IMechE 125 Part C, 225:369.

Reboud J, Coutier-Delgosha O, Pouffary B, Fortes-Patella R, (2003). *Fifth International Symposium on Cavitation*, Osaka Japan, November 1-4.

Sato K, Hachino K, Saito Y, (2003). *Inception and dynamics of traveling bubble type cavitation in a Venturi*, 4th ASME JSME Joint Fluids Engineering Conference, Honolulu, Hawaii, USA.

Singhal K, (2002). Mathematical Basis and Validation of the Full Cavitation Model. *Journal of Fluids Engineering*, 617-624.

Stutz B, Reboud J, (1997). Two phase flow structure of sheet cavitation. *Phys. Fluids*, *9*(12), 3678-3686.

Stutz B, Reboud J, (1997). Experiment on unsteady cavitation. *Experiments in fluids, 22*, 191-198.

Stutz B, Reboud J, (2000). *Measurements within unsteady cavitation*. *Experiments in fluids, 39*, 545-552.

The OpenFOAM® Foundation, www.openfoam.org

Vaidyanathan R, Senocak I, Wu J, and Shyy W, (2003). Sensitivity evaluation of a transport-based turbulent cavitation model. *Journal of Fluids Engineering*, *125*, 447-458.

Versteeg H and Malalasekera W, (1996). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method.* Addison-Wesley.

Wilcox D, (1993) *Turbulence Modeling for CFD;* La Cañada Inc, by DCW Industries.

Zwart P, Gerber A, Thabet B, (2004). *A two-phase flow model for predicting cavitation dynamics*, International Conference Multiphase Flow (ICMF) Yokahama.

* * *

BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS DE LEJÍA PROVENIENTES DE DESAMARIZADO DE ACEITUNAS VERDES DE MESA

Mariela Maldonado[1, 2], Lesik Dimitri[3], Paula Giorlando[2], Lisanti Leonel[2], Boscariol Adrian[2], Carla Zargoza[2], Vanina Enríquez Tellez[2], Calrisa Marti[2], Contreras Simón[2], Patricia Bueno[4], Graciela Affranchino[2]

[1] UTN FRM, C. Rodríguez 273, Ciudad de Mendoza, Argentina
[2] CONICET, Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
[3] Facultad de ciencias Agrarias Universidad nacional de Cuyo
[4] Departamento de Irrigación
marielabeatriz1972@yahoo.com.ar

Resumen: Los efluentes derivados del desamarizado de aceitunas son abundantes y constituyen una fuente de contaminación cuando no reciben tratamiento adecuado. La biorremediación es una alternativa ecológica, sustentable y económica que busca reducir la polución contaminante de alas aguas de origen industrial. Por esto, se estudió el potencial de biorremediación de los microrganismos nativos presentes en aguas de lejía producto del desamarizado de aceitunas verdes de mesa provenientes de una industria mendocina. Se realizaron dos tratamientos y su correspondiente testigo. El tratamiento uno se usó bioestimulación de agua de lejía diluida al 50% con agua destilada y el tratamiento 2 se bioestimuló usando agua de lejía diluida al 75%. La bioestimulación consistió en el agregado de sales como como fuente de nitrógeno y fosforo y 15 g/L de Glucosa anhidra como fuente de carbono. Se generó aerobiosis por agitación en un agitador orbital a 220 rppm durante 14 días a temperatura de 25 °C ±2. Se midió la evolución de parámetros como la DBO5, DQO, Conductividad eléctrica y azucares reductores. Se monitoreó el crecimiento de microorganismos nativos mediante recuento total en placa. Los parámetros como DQO presentaron una disminución del 100% mientras que la CE disminuyo alrededor de 20 a 30% en el tratamiento 1 respecto del T2. La DBO inicial disminuyó consistentemente con la Disminución de DQO. Los testigos que solo tenían la aireación, pero en ausencia de bioestimulación reportaron resultados semejantes a los tratamientos debido posiblemente al crecimiento de microorganismos a expensas de las fuentes nativas de materia orgánica.

Palabras claves: bioestimulación, aguas lejías, microorganismos nativos, contaminación, biorremediación.

INTRODUCCIÓN

De aquí al 2030, es un objetivo encomiable y perentorio el mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial (United Nations, 2018).

Muchas industrias alimentarias contribuyen al aumento de contaminación por no tratar sus efluentes. Entre ellas la industria aceitunera con volúmenes enormes y cuyos efluentes son altamente contaminantes. Se estima que en fábricas de aceitunas eficientes el volumen generado por cada kilo de aceituna es de 1 a 1,5 litros de agua potable, pero puede llegar a 4 litros/kg en fábricas poco eficientes, con lo cual en el mejor de los casos el volumen mundial de efluentes generados seria de tres millones a cuatro y medio miles de millones de litros al año. Las aguas de lejía son un efluente muy alcalino, de pH 12, alto contenido de DBO_5 :15000mgO/L DQO: 23000 mg/ sólidos disueltos totales: 48,2000 mg/L y con un contenido de NaOH libre de 11g/l aproximadamente (Fernández Llano et al., 2001). La legislación mundial y local prohíbe que estos efluentes se arrojen sin tratamiento. Desde la puesta en marcha de normativas más severas en materia de vertido público de residuos, existe un interés creciente por el desarrollo de nuevas tecnologías y procedimientos para la depuración de estos efluentes. En el caso específico de aguas de lejías (Aggelis et al., 2001) evaluó el desempeño de un proceso anaeróbico, aeróbico y combinado anaeróbico-aeróbico logrando una reducción de materia orgánica del 83·5 and 28% de polifenoles. Siendo este uno de los pocos trabajos hallado con aguas de lejías y existiendo una importante necesidad de hallar una solución para este tipo de aguas residuales, es que el objetivo de este trabajo es verificar la performance de biorremediación de los microrganismos nativos en aguas de lejías de origen local

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización del efluente utilizado en el ensayo se tomó una muestra de cinco litros después de agitar para realizar los siguientes análisis según APHA (1992): pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, DQO, DBO5, sedimentos

sólidos a los 10 min y 2 horas, sólidos solubles totales, sólidos suspendidos fijos, sólidos solubles volátiles, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, sodio, potasio, calcio y magnesio.

Ensayo de bioestimulación

Se realizaron dos tratamientos por triplicado y su correspondiente testigo. El tratamiento uno (T1) consistió en colocar medio litro de agua de lejía diluida al 50% con agua destilada y el tratamiento 2 (T2) usó agua de lejía diluida al 75%. Luego para fin de bioestimular se realizó en el agregado de las siguientes sales en cada enlemeyer: 2 g/l de PO4HK2, NH4Cl,0,5 g/L Citrato de sodio, 1 g/L de KCl, 1 g/L de MgSO4 y de triple 15® y 15 g/L de Glucosa anhidra como fuente de carbono. Se generó aerobiosis por agitación en un agitador orbital a 220 rppm durante 14 días. El ensayo se mantuvo a temperatura de 25 °C ± 2. Se midió la evolución de parámetros como la DBO_5, DQO, Conductividad eléctrica, azucares reductores y monitoreo de polifenoles. Además, se monitoreó el crecimiento de microorganismos nativos mediante recuento total en placa. Luego se realizó el aislamiento de los microorganismos por cultivo en placas con la técnica de estrías en superficie hasta lograr el cultivo axénico de los microrganismos nativos viables en agar EMB Britania® para el crecimiento de coliformes, Agar Plate count Britania® para el crecimiento de aerobios mesófilos y agar papa glucosado Britania® para el crecimiento de hongos y levaduras. Todos los medios fueron diluidos con agua destilada y efluente en una proporción de 15 %, 20% a fin de que crecieran los microrganismos viables adaptados al agua de lejía. Se realizó tanto la caracterización fenotípica como molecular de las cepas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La contaminación del agua y los temas relacionados a ella se encuentran regulados por la Resolución N° 52/2020 de la Provincia de Mendoza, que establecen los parámetros que deben tener vertidos industriales y de aguas residuales para reutilización agrícola. La resolución se basa en el principio regulado que pregona "El que contamina paga” (del art. 59). En consecuencia, todos los establecimientos que viertan efluentes al dominio público hidráulico deben obtener la correspondiente autorización administrativa y deben contar con un sistema de tratamiento de efluentes adecuado para cumplir con los requisitos técnicos previstos en la legislación vigente.

La autorización mencionada es el “Permiso de Vertido” y es otorgada por la Superintendencia de la Dirección General de Irrigación (DGI). Si los establecimientos no cumplen con los requisitos necesarios para obtener dicho permiso, deberán suscribir un “Contrato de Gestión de Permisos de Descarga”, mediante el cual se les otorga un plazo para ajustar la calidad de sus efluentes y mejorar sus sistemas de tratamiento. En función de esa resolución se ha analizado el agua de lejía la cual se caracteriza en la tabla 1.

Tabla 1

Características del efluente usado en el ensayo.

Variable	Promedio	Unidad	Resolución 52/20	
			Vertido a cuerpos Receptores	***Reuso Agricola***
pH	13,09	-	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Temperatura	25	ºC	PERMITIDO	PERMITIDO
Conductividad eléctrica	57533.33	uS/cm	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Oxígeno disuelto	-	mg/l	NO APLICA	NO APLICA
DQO	68150	mg/l	NO CUMPLE	NO APLICA
DBO_5	50568	mg/l	NO CUMPLE	NO APLICA
Nitratos	0.38	mg/l	PERMITIDO	(según caso particular)
Fosfatos		mg/l	NO APLICA	NO APLICA
Solidos sedimentables 10 min	0.2	mg/l	NO APLICA	NO APLICA
Solidos sedimentables 2 horas	51	mg/l	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Sólidos solubles totales	3 8.020	mg/l	NO CUMPLE	NO APLICA
Sólidos suspendidos fijos	36.384	mg/l	NO APLICA	NO APLICA
Sólidos solubles volátiles	1.636	mg/l	NO APLICA	NO APLICA
Cloruros	46	mE/g	PERMITIDO	PERMITIDO
Sulfatos	0	mg/l	PERMITIDO	PERMITIDO
carbonates	6794,23		NO APLICA	NO APLICA
Bicarbonatos	0		NO APLICA	NO APLICA
Sodio	13.500	mg/l	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Potasio	2594	mg/l	NO APLICA	NO APLICA
Calcio	40		NO APLICA	NO APLICA
Magnesio	120	mg/l	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Los valores de pH evolucionaron tal se muestran en la figuras 1 y 2 durante el tratamiento aeróbico. Tuvieron un comportamiento semajante tanto en el tratamiento T1 (lejia al 50 %) como en el tratamiento T2 (lejia al 25%) tanto en los testigo como en las repeticiones mostrando una disminución de pH hasta las 200 hs compatible con la posible degradacion de materia orgánica que los microorganismos nativos consumieron en presencia de oxigeno generando acidos por ciclo de Krebs. Esta acidificación transformó un efluente totalmente alcalino y de color marrón oscuro en un efluente más neutro de color más claro. La disminución de pH tornó los efluentes más cercanos a la neutralidad llegando a un valor final de pH= 8.2 en el caso de del tratamiento T1 y 8,3 en el caso del tratamiento T2. La evolución de pH indicó la actividad microbiana que también se manifestó mediante la degradación de materia orgánica que el efluente tenia (representado por la DQO y DBO_5 que evidenciaron franca dismnución) y fue consistente y simultánea manifestándose la presencia de los microorganismos en los recuentos microbianos efectuados (datos no mostrados)

Figura 1

Evolución de pH tratamiento 1 (lejía al 50%)

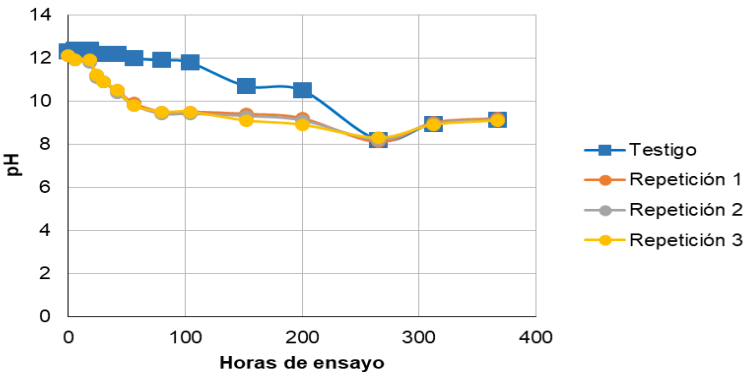


Figura 2

Evolución de pH tratamiento 1 (lejía al 25%)

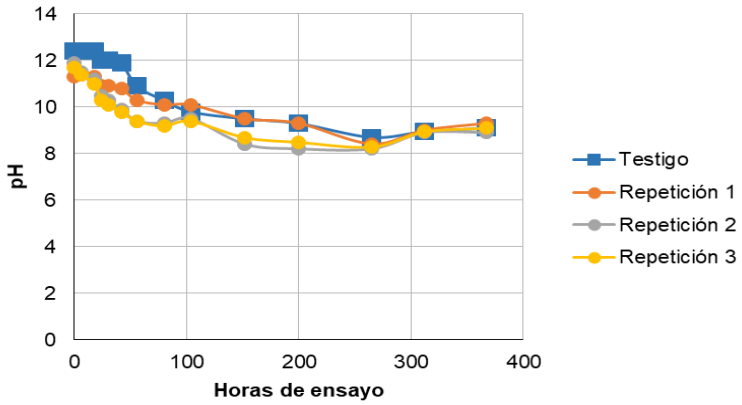
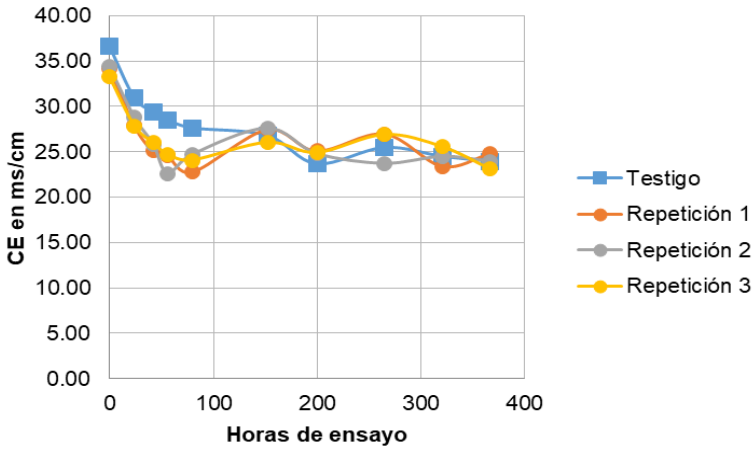


Figura 3

Evolución de Conductividad eléctrica para el tratamiento 1 (lejía al 50%)



Respecto de la Conductividad eléctrica (CE) el efluente inicial presentó un valor muy alto de 57.53ms/cm correspondiente a un 100% de lejía de NaOH, por lo que hace que el mismo no pueda ser vertido a un cauce público sin tratamiento previo pues la resolución 52/20 de la DGI de Mendoza requiere una CE de 5,5 mS/cm como requisito para ser volcada al cauce público. La figura 3 muestra que el testigo y el tratamiento T1 (lejía al 50%) iniciaron con un promedio de 33,94 mS/cm. Estos reportaron una disminución de la CE durante el ensayo para el testigo que no tenía sales de bioestimulación del 35% y para las repeticiones del T1 en promedio fue del 29% debido a la presencia de sales de bioestimulación. En ambos casos la conductividad disminuyó, pero no logró valores para que el efluente pueda hacerse apto para el vertido en cauce público o para uso agrícola. Esta disminución de la CE es promisoria y también consistente con la hallada por Maldonado et al. (2022) para aguas de maquinado de aceituna donde el tratamiento aeróbico mostro una disminución de la CE del 35%

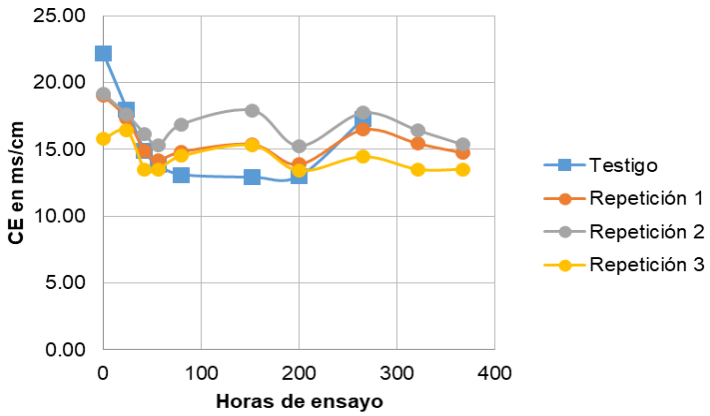
En la figura 4 se muestra la evolución de la Conductividad eléctrica (CE) para el tratamiento 2 (lejía al 25%) y su testigo. Se puede observar que el valor inicial de CE fue de 22,16 mS/cm para el testigo y de 18,03MS/cm en promedio para el tratamiento T2 (lejía 25%). No obstante, sus valores disminuyeron hasta las 56 horas para luego mantenerse en valores asintóticos al eje x en promedio de 15.12mS/cm, reportando una disminución promedio del 19%. En el caso del testigo la diminución fue del 31% al no tener sales de bioestimulación, debido a la actividad microbiana. Esta disminución de la CE con el tratamiento aeróbico es consistente con lo hallado por Maldonado et al (2022) y son promisorios, aunque para conocer el mecanismo por el cual ocurre la disminución se deberían hacer más investigaciones a futuro.

En la tabla 2 se describen algunos parámetros críticos antes y después del tratamiento y su comportamiento frente a la normativa local Resolución 52/20 de la dirección General de Irrigación. El valor de pH fue uno de los más afectados por el tratamiento haciendo que el mismo podría ser permitido su vuelco al cauce público, el valor disminuyó de 13 a 8,2 para el tratamiento T1 y 8,3 para el tratamiento T2. La DQO disminuyó considerablemente en ambos tratamientos presentando en ambos casos una disminución del 99%. Si bien ésta, se transformó en un valor permitido según la

normativa para el tratamiento T2 cuya lejía inicial estaba más diluida, no ocurrió lo mismo para el tratamiento T1

Figura 4

Evolución de Conductividad eléctrica para el tratamiento 2 (lejía al 25%)



.

Tabla 2

Parámetros del efluente antes y después del tratamiento

Parámetro	Valor previo al tratamiento	Valor posterior al tratamiento		Resolución 52/20		Estado	
		T1 (50%)	T2 (25%)			T1 (50%)	T2 (25%)
	Lejia 100%			Max Permitido	Max Tolerable		
pH	13,09±0.2	8,2±0.2	7,1±0.2	6,5 a 8,5	5.5 a 9	Permitido	Permitido
DQO (mg/L)	68.150±100	610±100	215±100	75mg/L	250 mg/L	No cumple	Tolerable
DBO_5 mg/L)	50.568±100	164±100	15,7±100	30mg/L	120 mg/L	No cumple	Permitido
Sodio (mg/L)	13.500±0.2	5710±0.2	871±0.2	250mg/L	400 mg/L	No cumple	No cumple
Polifenoles (mg/L)	4,56±0.1	2,92±0.1	1,53±0.1	0,05 mg/L	1 mg/L	No cumple	No cumple

La DBO_5 presentó una considerable reducción consistente con la disminución de la DQO del casi 99% transformado el valor del

tratamiento T2 en permitido para la normativa, pero no resulto de la misma manera el tratamiento T1.
El sodio disminuyó considerablemente teniendo en cuenta que el mismo en la lejía original tenía un valor de 13500 mgNa/L para el 100% de NaOH. En el caso del T1 el valor de sodio inicial fue de 6750 mg Na/L (lejía la 50%) y con el tratamiento aeróbico bajó a 5710 mg Na/L. En el caso de sodio para T2 (lejía 25%) inicialmente el sodio fue de 3375 mg Na/L, pero luego del tratamiento aeróbico bajó a 871. Esto último es consistente con la bajada de conductividad eléctrica también puesta de manifiesta durante el proceso. La disminución de este mineral podría sugerir por parte de los microorganismos nativos la existencia de mecanismos de bioacumulación de sodio que algunos microorganismos utilizan como estrategia de supervivencia en ambientes tóxicos (González-Hernández J.C. y Peña A (2002). Por último, los valores de polifenoles totales se mantuvieron con poca variación, pues el valor pasó de 4,56 mg/L en la lejía al 100% a un valor promedio de 2,92 mg/L para el T1(lejía al 50%) y 1,53 mg/l para el T2(lejía al25%). Siendo estos últimos uno de los parámetros en donde la legislación se torna más estricta por su toxicidad, se considera que el tratamiento debería completar su degradación o combinarse el mismo con tratamientos con algún mecanismo de oxidación potente como reacción de Fenton que genera radicales hidroxilos que tienen un alto potencial de oxidación (Lucas y Peres 2009), muy utilizada en combinación con otras estrategias de biorremediación.

CONCLUSIONES

La biorremediación en condiciones aeróbicas resultó ser un tratamiento eficaz para la reducción de parámetros como DQO, DBO_5 y CE. No se encontraron diferencias aparentes en el caso de la bioestimulación ya que los testigos se biodegradaron únicamente en presencia de oxígeno con la fuente de materia orgánica que aportaba el efluente en su composición inicial. Sin embargo, se podría señalar la bioestimulación como un tratamiento que acelera el proceso. Con él obtenemos resultados más rápidos: en menos de 100 horas se produce una reducción de la CE de hasta un 35% en el tratamiento T2 y una caída del pH hasta valores finales de aproximadamente 8,2 - 8,3 en ambos tratamientos. Al parecer esto es importante, porque, aunque tenemos los mismos resultados finales que el testigo en

general, pero con la bioestimulación se agiliza el tratamiento. Esto es valioso si consideramos que las industrias no siempre tienen 300 horas para tratar un efluente de lejía y cuanto más rápida es la degradación, más rápido está disponible para otros usos. Los microorganismos nativos fueron efectivos en la reducción de la contaminación, siendo este un tratamiento económico disponible en el propio ecosistema del efluente.

AGRADECIMIENTOS

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
UTN FRM: Universidad Tecnológica Nacional: Escuela Regional Mendoza. CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

REFERENCIAS

Aggelis, G.G., Gavala H.N., and Lyberatos G. (2001). Combined and Separate Aerobic and Anaerobic Biotreatment of Green Olive Debittering Wastewater. *Journal of Agricultural Engineering Research*, *80*(3), 283–92. http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021863401907322.

APHA. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (18th edition). American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF).

Fernández Llano, J., Arreghini, M., Ugarte, S., Herrero, C., Herrero, O., & Maya, S., (2001). Efluentes líquidos del procesamiento de las aceitunas verdes en fresco. Situación en la provincia de Mendoza. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*., 5, 19-25. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79665 (accessed 09 September 2022).

Maldonado, M., Baigori, M., Affranchino, G. (2022). Biodegradation of organic compounds and decrease in electrical conductivity by native consortium in effluents from the olive industry. *International journal of recycling organic waste in agriculture*, *11*(2), 177-187. Doi: 10.30486/ijrowa.2021.1904679.1105

United Nations (Ed.) (2018). Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation. https://bit.ly/3PIawun

* * *

CARACTERIZACIÓN DEL COLORANTE NATURAL ROJO GARDENIA PARA LA ELABORACIÓN DE CEREZAS CANDEADAS

Juan González Pacheco[1,2]; Mariela Maldonado[1,2]; Ariel Márquez[2]; Emanuel Condori[2]; Paula Giorlando[2]; Adrián Boscariol[2]; Clarisa Marty[2]; Carla Zaragoza[2]; Vanina Enríquez Téllez[2]

[1] CONICET, Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
[2] Dpto. Ing. Química, UTN FRM, C. Rodríguez 273, Ciudad de Mendoza, Argentina
marielabeatriz1972@yahoo.com.ar, jngonzalez534@gmail.com

Resumen: El propósito de este trabajo es el de caracterizar y evaluar el colorante natural rojo de gardenia para su uso en el reemplazo de eritrosina, en la elaboración de cerezas en conserva. Con soluciones de colorantes artificiales y naturales a 238 ppm, se realizaron escalas de pH (1 – 14) a distintas temperaturas (0 – 160 °C), además de ser almacenadas en condiciones de oscuridad y luz natural. Para medición de absorbancia, se utilizó espectrofotómetro UV-VIS Perkin Elmer Lambda 35, estableciendo estabilidad del color al variar pH y temperatura. La acidificación de las soluciones se llevó a cabo con ácido clorhídrico grado alimentario 0,1 N y alcalinización con hidróxido de sodio 0,1 N. Se midieron los parámetros L*, a* y b* del espacio de color CIELAB con colorímetro Konica Minolta CR-400, iluminante D65, tanto a las muestras de pigmentos, como para cerezas coloreadas con eritrosina y rojo de gardenia. Una diferencia significativa se observó en los valores de absorbancia ($p<0,05$), al variar pH, temperatura, así como condiciones de luz y oscuridad. Esto puede indicar que las condiciones de medio influyen en la estabilidad del colorante. Así mismo, se encontró una disminución en las señales de absorbancia ($p<0,05$), para muestras sometidas a la luz, en contraste con aquellas al resguardo de esta, posiblemente por degradación por radiación solar. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) en los valores de a*, para eritrosina y rojo de gardenia. Esto podría indicar que el reemplazo de eritrosina por rojo de gardenia es posible tecnológicamente.

Palabras claves: colorantes naturales, pH – temperatura, rojo de gardenia, eritrosina, cerezas.

INTRODUCCIÓN

Una de las sustancias de crecimiento exponencial en el mercado de elaboración de alimentos son los aditivos alimentarios. Esto es debido al consumo excesivo de alimentos procesados y su demanda por la población en crecimiento (M. B. Maldonado, 2021). Durante el procesamiento de los alimentos, estos pierden coloración. De manera, que, para lograr una restitución total, parcial o dar un color nuevo y más atractivo a la vista del consumidor, se utilizan los colorantes alimentarios (Ghidouche et al., 2013).

Los colorantes se clasifican según su origen, en naturales y sintéticos, estos últimos se siguen utilizando a raíz de tres particularidades: estabilidad química, costos de producción baratos y tinción fuerte (Downham & Collins, 2000; Oreopoulou et al., 2009). Sin embargo, a pesar de su versatilidad en la industria alimentaria, varios estudios han mostrado una relación entre el consumo de pigmentos artificiales, entre ellos la eritrosina en el caso de cerezas al marrasquino (M. Maldonado et al., 2016), y varias alteraciones a la salud, tales como hiperactividad (Bateman et al., 2004; McCann et al., 2007; Oplatowska-Stachowiak & Elliott, 2015), defectos en el ADN, carcinogenicidad, irregularidades en la actividad de la glándula tiroides, neurotoxicidad (Chequer et al., 2012; Jennings et al., 1990; Khan et al., 2020; Mittal et al., 2006), reacciones alérgicas dermatológicas (Panachiyil et al., 2019), la interacción con proteínas (Basu & Suresh Kumar, 2015; Shahabadi et al., 2017; Wang et al., 2019), problemas hepatorrenales (Axon et al., 2012), las deficiencias en la memoria y el aprendizaje, como otras alteraciones en el comportamiento (Suglia et al., 2013). En consecuencia, se intentó estudiar la tinción de cerezas con azul brillante (M. Maldonado et al., 2016), el cual, a pesar de ser artificial, presenta una IDA (ingesta diaria admisible) inferior a la de eritrosina, sin mencionar su estabilidad a la luz. Puesto que, para la elaboración de cerezas tipo marrasquino, existen pocos precedentes, los autores proponen una caracterización del colorante rojo de gardenia para su utilización en la elaboración de cerezas candeadas.

El colorante E8 – E50, rojo de gardenia, comercialmente se encuentra como un polvo soluble en agua, insoluble en etanol anhidro, de color rojo oscuro o rojo – violeta (Giménez et al., 2013). Asimismo, colorea adecuadamente proteínas como hidratos de carbono, es resistente hacia agentes reductores y oxidantes, además

tiene buena resistencia a condiciones de luz y calor. Por lo tanto, el siguiente estudio se centra en la evaluación de eritrosina y rojo de gardenia, bajo diferentes condiciones (pH, temperatura, almacenamiento en luz y oscuridad), además del análisis del espacio de color de los diferentes pigmentos, así establecer la mayor efectividad y estabilidad de estos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estabilidad de colorantes a pH, temperatura y luz – oscuridad.

Se estudió la solubilización y estabilidad de soluciones de colorantes en agua a 238 ppm, en un rango de temperaturas constantes comprendido entre 0 – 160 °C. Se utilizó:

(1) Eritrosina (E127) como testigo.
(2) Colorante rojo de gardenia.

Se estudió el comportamiento de las soluciones de rojo de gardenia y eritrosina en el rango de pH de 1 – 14, con el fin de evaluar estabilidad frente a la acidez o alcalinidad del medio. Soluciones de ácido clorhídrico grado alimentario 0,1 N, así como hidróxido de sodio 0,1N (APHA, 2017), fueron empleados para acidular o alcalinizar las diferentes muestras. De la misma manera, diversas muestras de colorantes fueron sometidas a distintas condiciones de temperaturas. Las muestras fueron sumergidas y almacenadas en baños de hielo, para temperaturas de 0 °C, mientras que para el rango comprendido de 2 – 8 °C, fueron almacenadas en refrigeradores. Se empleó un baño termostático Cole – Parmer con agitador Technicon, para el caso de 8 – 99,9 °C. En tanto, para temperaturas de 100 a 160 °C, se utilizaron baños de aceite para producir estas condiciones del medio.

Más adelante, durante el transcurso de 10 días, las diversas muestras se colocaron en condiciones de almacenamiento de luz natural y oscuridad. Mediante espectrofotómetro UV – VIS, modelo Perkin Elmer Lambda 35, se midió la absorbancia de las diferentes muestras, a una longitud de onda de 530 nm, al cambiar pH, temperatura, así como condiciones de luz y oscuridad. Los ensayos anteriormente descriptos, a diferentes escalas de pH, temperatura, así como medición de absorbancia, fueron llevados a cabo por triplicado.

Espacio de Color

Los parámetros L* (luminosidad del estímulo de color), a* (medida del contenido de rojo o de verde del estímulo de color) y b* (medida del contenido de amarillo o de azul del estímulo de color) del espacio de color CIELAB, se midieron por triplicado, con colorímetro Konica Minolta CR-400, iluminante D65, en aproximadamente 5 kilogramos de cerezas calibradas, descarozadas, y posteriormente desulfitadas durante 24 h, a través de inmersiones en baños de agua, previo al proceso de candeado. Se adoptó un método de impregnaciones múltiples denominado Método Lento o Francés usado por M. Maldonado & González Pacheco, (2020) con el fin de candear la fruta; el mismo se basó en sumergir a la matriz alimentaria en soluciones hipertónicas de concentración inicial relativamente baja, y luego incrementarlas gradualmente, dejándolas en reposo por un período de 24 h entre cada concentración, hasta alcanzar la deseada. Con respecto al proceso de candeado, se añadió en proporción adecuada jarabe, con el objetivo de cubrir las cerezas completamente (1:1,5 sólido-líquido). La formulación que se utilizó para edulcorar las mismas fue sacarosa 50 % - xilitol 50 %, debido que su mezcla en estas proporciones no precipitó ni formó cristales, durante el transcurso de 6 meses de almacenamiento (Figura 1). Por otro lado, para prevenir la formación de arrugas en la matriz, se inició el proceso con una concentración inicial de solución edulcorante de 25 Bx (primera impregnación), el cual fue previamente hervido y luego enfriado hasta 50°C aproximadamente. Después de 24 horas de la primera impregnación a 25 Bx, las cerezas fueron sumergidas en almíbar de 35 Bx (segunda impregnación), en las mismas condiciones que el día anterior. Se utilizó eritrosina, así como colorante rojo de gardenia, ambos al 0,0238 % (m/V) para la tinción de los frutos, durante la segunda impregnación. Se mantuvo el experimento en agitación y temperatura constante de 50 °C, mediante agitador de calentamiento magnético termostático PIOWAY 78 HW-1.

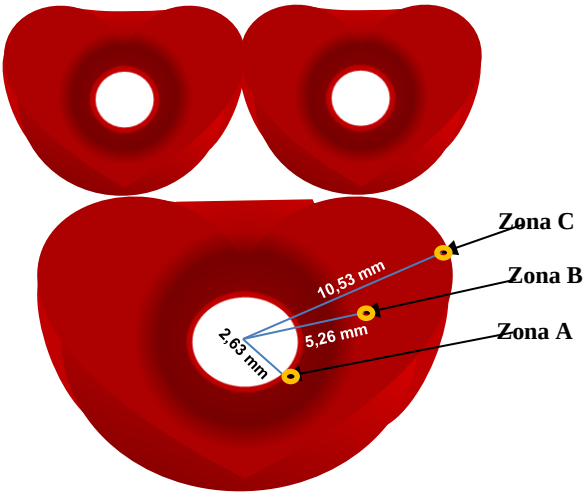
Adicionalmente, se adicionaron a la solución edulcorante 0,9 ml de ácido cítrico al 10 % (m/V) y/o 0,3 ml de NaHCO3 al 10 % (m/V), para mantener un pH entre 4,2 y 4,8, con el propósito de generar una leve precipitación del pigmento en el interior del tejido celular de la cereza.

Figura 1

Formulación sacarosa 50 % – xilitol 50% utilizada en el candeado de cerezas

Figura 2

Esquema de la sección transversal de la cereza. Señalización de las zonas de muestreo para medición de color.



Muestreo

Se realizó un muestreo de cerezas con diferente frecuencia, la misma consistió en la siguiente: al inicio del experimento, a los 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180 y 300 minutos. A medida que avanzaba el fenómeno de coloración, se extrajeron 2 cerezas al azar de diversas partes del recipiente. Luego, mediante el uso de una cuchilla se cortaron a la mitad, con el fin de disponer la sección transversal de las mismas y proceder con la medición de los parámetros del espacio de color CIELAB; de esta manera detectar los cambios de color durante la difusión de los pigmentos. Las mediciones se realizaron por triplicado en cada tiempo de muestreo, separadas en zonas medidas con calibre, denominadas A (a 2,63 mm aproximadamente de donde comienza la pulpa, próxima al centro de la cereza descarozada), B (en la pulpa propiamente dicha, a 5,26 mm aproximadamente del centro de la cereza), y C (en las cercanías de la periferia de la cereza, próximas a la piel, a 10,53 mm aproximadamente del centro de la cereza).

Análisis estadístico

Los análisis se efectuaron mediante el software estadístico IBM® SPSS® (V22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Se realizó análisis de varianza (ANOVA), conjuntamente con un test de comparaciones múltiples (“diferencia significativa honesta” de Tukey), para evaluar las diferencias en los valores de absorbancia para condiciones de almacenamiento (luz y oscuridad), pH, temperatura, así como diferencias de color entre zonas internas de la cereza, utilizando un nivel de significancia de 0,05. Los diferentes análisis se realizaron por triplicado y los resultados se presentaron como media ± desviación o error estándar (n = 3).

RESULTADOS

Figura 3

Escala de pH para eritrosina (imagen superior) y rojo de gardenia (imagen inferior) en el rango de 3 – 4 a una temperatura de 25 °C.

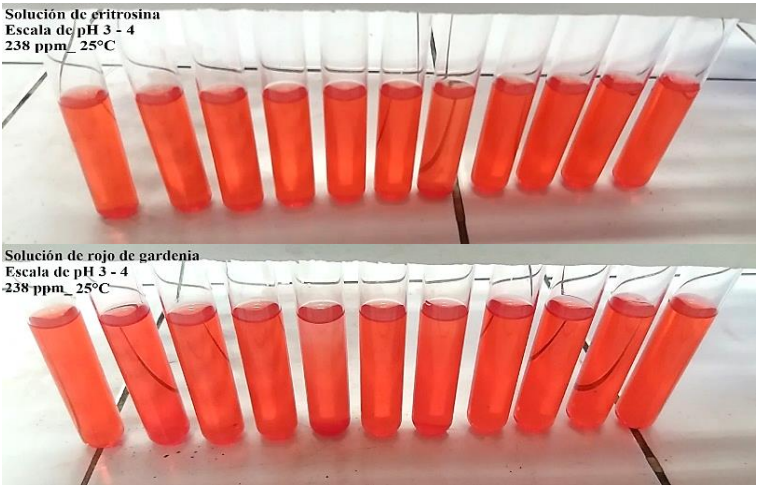


Tabla 1

Espacio de color para colorantes eritrosina y rojo de gardenia a 238 ppm y 0 °C.

	Espacio de color CIELAB‡					
	Eritrosina			Rojo de Gardenia		
pH	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	66,9 ± 2,6[a]	-2,9 ± 1,0[a]	1,7 ± 0,7[b]	62,1 ± 3,9[ab]	-2,9 ± 0,9[a]	1,6 ± 1,7[b]
2	66,5 ± 2,9[a]	-1,0 ± 0,8[ab]	2,8 ± 2,2[b]	61,2 ± 4,1[ab]	-0,4 ± 1,6[a]	3,1 ± 2,5[b]
3	43,0 ± 1,4[b]	48,1 ± 0,4[de]	51,9 ± 1,1[d]	38,3 ± 1,9[e]	49,6 ± 0,9[e]	49,0 ± 1,5[d]
4	45,3 ± 1,8[b]	45,9 ± 0,2[d]	42,3 ± 1,3[c]	37,7 ± 2,1[e]	51,2 ± 0,9[e]	49,5 ± 1,5[d]
5	44,1 ± 2,5[b]	50,4 ± 0,8[e]	53,5 ± 1,7[d]	39,9 ± 3,4[e]	49,4 ± 0,9[e]	48,9 ± 1,9[d]
6	44,3 ± 1,9[b]	49,4 ± 0,6[e]	53,7 ± 1,3[d]	39,9 ± 3,3[e]	49,1 ± 0,9[e]	50,3 ± 2,3[d]
7	44,7 ± 2,3[b]	49,3 ± 0,7[e]	54,2 ± 1,6[d]	41,0 ± 3,2[e]	49,2 ± 0,8[e]	51,2 ± 2,0[d]
8	46,2 ± 3,6[b]	49,7 ± 0,9[e]	54,6 ± 2,3[d]	41,5 ± 3,1[e]	49,2 ± 0,5[e]	51,0 ± 1,3[d]
9	46,4 ± 2,7[b]	49,9 ± 0,3[e]	56,0 ± 1,9[d]	43,1 ± 3,9[de]	50,5 ± 0,3[e]	53,4 ± 2,7[d]
10	46,2 ± 3,2[b]	49,7 ± 0,6[e]	55,7 ± 2,5[d]	44,5 ± 2,9[de]	50,7 ± 0,7[e]	53,7 ± 2,3[d]
11	47,1 ± 3,3[b]	49,5 ± 0,6[e]	55,3 ± 2,3[d]	45,2 ± 2,2[de]	50,9 ± 0,9[e]	53,3 ± 1,7[d]
12	47,4 ± 3,6[b]	48,1 ± 0,2[de]	52,1 ± 1,6[d]	50,5 ± 1,9[cd]	44,1 ± 0,7[d]	29,8 ± 1,3[c]
13	70,3 ± 6,0[a]	11,1 ± 2,0[c]	-7,1 ± 0,8[a]	59,3 ± 2,6[bc]	32,9 ± 0,9[c]	0,2 ± 1,4[b]
14	75,0 ± 5,4[a]	0,3 ± 1,5[b]	-5,9 ± 0,6[a]	69,0 ± 2,3[a]	13,1 ± 1,2[b]	-7,3 ± 0,2[a]

‡Los resultados son presentados como media ± DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente ($p<0,05$).

Tabla 2

Espacio de color para colorantes eritrosina y rojo de gardenia a 238 ppm y 160 °C.

Espacio de color CIELAB‡‡						
	Eritrosina			Rojo de Gardenia		
pH	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	66,9±0,6^{b}	-0,9±0,0^{a}	6,2±3,9^{a}	57,9±1,6^{de}	1,7±0,9^{a}	-0,4±1,2^{a}
2	67,2±0,6^{b}	0,7±0,2^{a}	2,4±0,3^{a}	58,4±4,2^{de}	4,1±1,3^{a}	-0,1±1,3^{a}
3	47,4±5,9^{a}	35,0±10,5^{b}	30,9±9,9^{b}	41,7±1,9^{ab}	30,8±2,0^{b}	13,4±1,1^{bc}
4	45,1±2,8^{a}	45,2±1,5^{bc}	36,3±2,1^{b}	37,0±0,5^{a}	44,0±0,9^{cd}	32,5±1,6^{d}
5	43,5±0,7^{a}	51,5±0,5^{c}	53,8±0,5^{c}	38,0±0,5^{ab}	46,6±0,6^{de}	35,9±1,2^{def}
6	43,9±0,6^{a}	51,8±0,3^{c}	54,6±0,5^{c}	37,0±0,1^{a}	51,0±0,1^{ef}	39,5±1,0^{def}
7	45,1±0,7^{a}	51,5±0,2^{c}	55,1±0,5^{c}	40,4±1,3^{ab}	51,2±0,7^{ef}	39,6±0,3^{def}
8	45,3±0,8^{a}	52,1±0,2^{c}	55,5±0,3^{c}	40,9±1,0^{ab}	50,5±0,4^{ef}	43,2±2,5^{f}
9	45,2±0,8^{a}	52,6±0,0^{c}	55,7±0,3^{c}	41,7±0,5^{ab}	51,4±0,8^{f}	40,6±0,6^{ef}
10	45,5±0,2^{a}	52,2±0,2^{c}	55,4±0,3^{c}	39,9±0,9^{ab}	50,0±0,5^{ef}	41,2±3,3^{ef}
11	45,3±0,4^{a}	51,0±0,3^{c}	53,9±0,2^{c}	43,5±0,5^{ab}	50,0±0,7^{ef}	38,8±2,1^{def}
12	45,5±0,5^{a}	52,0±1,5^{c}	51,6±0,7^{c}	45,3±0,5^{bc}	47,9±0,5^{def}	34,9±0,5^{de}
13	69,6±0,3^{b}	6,3±0,8^{a}	-5,1±0,4^{a}	53,3±1,4^{cd}	41,1±0,3^{c}	20,9±0,5^{c}
14	69,9±0,7^{b}	5,4±0,6^{a}	-4,8±0,5^{a}	65,1±1,5^{e}	28,8±0,8^{b}	6,5±0,3^{ab}

‡‡Los resultados son presentados como media ± DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente ($p<0,05$).

Tabla 3.

Evolución de las señales de absorbancia en cada punto de pH para eritrosina y rojo de

	Absorbancia (%) ‡†‡			
	Temperatura del medio (°C)			
	0	160	0	160
pH	Eritrosina		Rojo de Gardenia	
1	0,025±0,001[a]	0,007±0,003[a]	0,003±0,001[a]	0,011±0,001[a]
2	0,028±0,001[a]	0,023±0,002[b]	0,006±0,001[ab]	0,020±0,001[a]
3	0,344±0,003[d]	0,198±0,001[d]	0,624±0,003[d]	0,237±0,002[c]
4	2,312±0,003[e]	2,264±0,004[e]	2,045±0,002[f]	3,109±0,002[g]
5	2,985±0,005[i]	2,891±0,006[f]	2,685±0,004[h]	3,079±0,002[f]
6	3,076±0,003[k]	3,088±0,003[j]	2,824±0,004[k]	3,106±0,003[g]
7	3,023±0,002[j]	3,111±0,002[k]	2,726±0,003[i]	3,109±0,002[g]
8	2,932±0,002[h]	3,112±0,003[kl]	2,887±0,005[l]	3,088±0,004[f]
9	2,894±0,014[g]	3,119±0,002[l]	2,817±0,004[k]	3,064±0,001[e]
10	2,933±0,003[h]	3,069±0,002[i]	2,802±0,003[j]	3,085±0,004[f]
11	2,978±0,003[i]	3,049±0,003[h]	2,574±0,004[g]	3,058±0,006[e]
12	2,732±0,002[f]	2,925±0,002[g]	1,629±0,004[e]	2,995±0,007[d]
13	0,314±0,003[c]	0,032±0,001[c]	0,066±0,005[c]	0,141±0,001[b]
14	0,135±0,004[b]	0,024±0,002[b]	0,014±0,003[b]	0,015±0,001[a]

gardenia a 238 ppm, para temperaturas del medio de 0 y 160 °C.

‡†‡Los resultados son presentados como media ± DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente (p<0,05).

Tabla 4

Evolución de las señales de absorbancia en cada punto de pH para eritrosina y rojo de gardenia a 25 °C, para condiciones de almacenamiento de luz (radiación solar) y de oscuridad, a 238 ppm, al cabo de 10 días.

	Absorbancia (%) ‡†			
	Condiciones de Almacenamiento			
	Luz	Oscuridad	Luz	Oscuridad
pH	Eritrosina		Rojo de Gardenia	
1	0,006±0,002[a]	0,006±,0006[a]	0,003±0,001[ab]	0,028±0,001[b]
2	0,009±0,001[a]	0,096±0,002[c]	0,016±0,006[c]	0,076±0,001[d]
3	0,263±0,037[b]	1,461±0,003[d]	0,483±0,005[d]	0,706±0,001[e]
4	1,729±0,008[c]	2,165±0,015[e]	2,075±0,004[e]	2,140±0,001[h]
5	2,316±0,007[f]	2,346±0,002[f]	2,169±0,002[f]	2,386±0,002[i]
6	2,388±0,008[g]	2,408±0,005[g]	2,637±0,005[k]	2,402±0,001[j]
7	2,690±0,009[j]	2,808±0,003[k]	2,592±0,005[i]	2,567±0,002[m]
8	2,636±0,006[i]	2,792±0,007[k]	2,606±0,003[j]	2,665±0,003[n]
9	2,528±0,003[h]	2,689±0,005[j]	2,597±0,002[i]	2,525±0,003[l]
10	2,246±0,005[e]	2,686±0,005[j]	2,509±0,004[h]	2,511±0,002[k]
11	2,166±0,004[d]	2,622±0,007[i]	2,305±0,003[g]	2,017±0,002[g]
12	2,405±0,004[g]	2,498±0,006[h]	2,165±0,002[f]	1,301±0,003[f]
13	0,005±0,001[a]	0,024±0,003[b]	0,011±0,001[bc]	0,063±0,002[c]
14	0,001±0,000[a]	0,016±0,002[ab]	0,001±0,001[a]	0,017±0,001[a]

‡†Los resultados son presentados como media ± DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente ($p<0,05$).

DISCUSIÓN

Luego de realizar las escalas de pH para eritrosina y rojo de gardenia en el rango de 1 – 14, se encontró una notable precipitación de los colorantes en el rango de pH 1 – 2, evidenciándose en ambos valores negativos del parámetro a*, con diferencia significativa ($p<0,05$) respecto de los demás valores de pH. Se observó una leve

precipitación en el rango 3,1 - 3,8 (Figura 3). Por otro lado, la coloración fue homogénea y estable para el rango de 3 – 11, para el caso de rojo de gardenia a 0 °C, donde los valores de a* no difieren significativamente (p>0,05), sin embargo, para una temperatura del medio de 160°C, no hubo diferencia significativa (p>0,05) para el rango 6 – 11. Mientras que los valores de a* para eritrosina, para el rango de pH de 5 – 11 no mostraron diferencia significativa (p>0,05) en el rango de temperaturas de 0 – 160 °C (Tablas 1 y 2). Se pudo visualizar una pérdida de coloración, volviéndose violácea pálida para ambos pigmentos (valores de L* elevados, bajo parámetro a* y negativos valores de b*), para el caso de pH alcalinos (13 – 14), posiblemente por formación de leucobases (Harivaindaran et al., 2008). Los valores en estos rangos fueron significativamente diferentes (p<0,05).

Tabla 5

Valores del parámetro a para las zonas A, B y C de muestreo en la cereza, para colorantes eritrosina y rojo de gardenia, a una concentración de 238 ppm y 50 °C.*

	Parámetro a*[†]		
	Zonas de la cereza		
	Zona A	Zona B	Zona C
Eritrosina	56,4 ± 2,0[a]	55,6 ± 2,8[a]	48,7 ± 4,2[a]
Rojo de Gardenia	58,9 ± 1,1[a]	53,9 ± 3,3[a]	52,7 ± 3,3[a]

[†]Los resultados son expresados como medias ± EE (n=3). Los valores medios para cada zona no difieren significativamente (p>0,05).

Al variar la temperatura desde 0 a 160 °C, no se observó una variación consistente en el color de las soluciones, por otro lado, se percibió un ligero incremento en la coloración para el caso de altas temperaturas 80 – 160 °C. Este cambio se detectó mediante medición de absorbancia por espectrofotometría UV – VIS (Razak et al., 2011). Esto podría deberse a escasas cantidades o trazas de agua evaporada de las diversas muestras (ver Tabla 3).

La Tabla 4 muestra la evolución de las señales de absorbancia para condiciones de almacenamiento de luz y oscuridad, en cada valor de pH, para eritrosina y rojo de gardenia a 25°C. De estos resultados se desprende un comportamiento similar, es decir, se puede apreciar una disminución de la señal de absorbancia, significativamente

diferente ($p<0,05$), para el caso de las muestras sometidas a luz solar, en contraste con las almacenadas en condiciones de oscuridad, durante 10 días, posiblemente debido a degradación y descomposición de los colorantes por radiación solar (Duff et al., 2014; Jespersen et al., 2004). Todas las señales de absorbancia fueron significativamente diferentes ($p<0,05$), en condiciones de luz y oscuridad, a excepción de los resultados suministrados por eritrosina, en condiciones de privación total de radiación solar en el rango 7 – 10 de pH. La Tabla 5 muestra los valores del parámetro a* del espacio de color CIELAB, para las zonas A, B y C de muestreo en las cerezas, usando eritrosina y rojo de gardenia a 238 ppm y 50 °C, para teñir cerezas. Los valores positivos de a*, en todos los casos, indica que hay una tendencia al rojo. Dado que las cerezas son inicialmente descarozadas, llegado el momento de tinción, el pigmento ingresa principalmente por el centro de la cereza, y en menor medida por la piel de la fruta (dado que en la zona C también se vio una frontera de difusión de colorante que entra por epidermis), llegando finalmente a la periferia de esta por difusión, posiblemente debido a la escasa resistencia a la difusión que ofrece la pulpa de la cereza, comparada con la piel de la misma. Se puede observar, además, que las diferencias en el parámetro a* en las diferentes zonas, se podría deber a las distancias que deben recorrer los colorantes desde el centro (zona A), atravesar la pulpa (zona B) y llegar a la periferia (zona C) de las cerezas. Otro aspecto que destacar, es la similaridad en el comportamiento de difusión tanto para eritrosina como rojo de gardenia, obteniéndose incluso valores ligeramente superiores de a* para rojo de gardenia en la zona A de 58,9 ± 1,1 y zona C de 52,7 ± 3,3 en particular, en comparación con los suministrados por eritrosina, los cuales son zona A de 56,4 ± 2,0 y zona C de 48,7 ± 4,2 en el mismo tipo de matriz. Por otro lado, dado que ambos colorantes en los mismos rangos de pH y temperatura se mantienen estables, y en función de los resultados obtenidos, es posible tecnológicamente teñir cerezas usando colorante natural rojo de gardenia, en reemplazo de eritrosina.

CONCLUSIONES

Se observó una notable precipitación de colorantes eritrosina y rojo de gardenia, utilizados en el rango de 1 – 2 de pH. Tal comportamiento se demostró en los valores negativos de a*, con

diferencia significativa ($p<0,05$) para con el resto de los puntos de pH. Se observó una ligera precipitación en el rango 3,1 – 3,8 de pH. Por otra parte, en el rango de 3 – 11 para rojo de gardenia a 0 °C, la coloración se mantuvo estable ($p>0,05$), mientras que, a 160 °C, sucedió exactamente lo mismo ($p>0,05$) pero en el rango de pH de 6 – 11 puntos. Para eritrosina, tanto a 0 como a 160 °C, en el rango 5 a 11 de pH no hubo diferencia significativa de coloración ($p>0,05$). Además, tanto para eritrosina como rojo de gardenia, se percibió una pérdida de color ($p<0,05$) en el caso de pH alcalinos (13 y 14), posiblemente debida a formación de leucobases.

Al someter las muestras a diferentes temperaturas (0 – 160 °C), se percibió un aumento en la coloración, verificada por espectrofotometría UV – VIS, en las soluciones cuya temperatura fue de 80 a 160 °C (altas temperaturas). La misma podría deberse a trazas de agua evaporada. Por su parte, se observó un descenso en las señales de absorbancia ($p<0,05$) para muestras sometidas a luz natural, por el transcurso de 10 días, en comparación con aquellas almacenadas al resguardo de la luz, debido posiblemente a degradación de los pigmentos por radiación solar.

Por otro lado, se observó un comportamiento de difusión similar, tanto para eritrosina como rojo de gardenia durante la coloración de cerezas descarozadas. Incluso, se detectaron valores superiores de a* para rojo de gardenia en la zona A de 58,9 ± 1,1 y zona C de 52,7 ± 3,3 en particular, en relación con los proporcionados por eritrosina, en las zonas A de 56,4 ± 2,0 y C de 48,7 ± 4,2 para el mismo tipo de matriz. Razón por la cual, en función de los resultados anteriormente descritos, y dado que ambos colorantes se mantienen estables en prácticamente los mismos intervalos de temperatura y pH, el reemplazo tecnológico del colorante sintético eritrosina por uno natural, como es el caso del pigmento rojo de gardenia, sería posible.

REFERENCIAS

APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Federation. Water Environmental American Public Health Association (APHA), Washington, DC, USA. Federation. Washington DC.

Axon, A., May, F. E. B., Gaughan, L. E., Williams, F. M., Blain, P. G., & Wright, M. C. (2012). Tartrazine and sunset yellow are xenoestrogens in a new screening assay to identify modulators of human oestrogen receptor transcriptional activity. *Toxicology*, *298*(1–3), 40–51.

Basu, A., & Suresh Kumar, G. (2015). Thermodynamics of the interaction of the food additive tartrazine with serum albumins: a microcalorimetric investigation. *Food Chemistry, 175*, 137–142.

Bateman, B., Warner, J. O., Hutchinson, E., Dean, T., Rowlandson, P., Gant, C., Grundy, J., Fitzgerald, C., & Stevenson, J. (2004). The effects of a double blind, placebo controlled, artificial food colorings and benzoate preservative challenge on hyperactivity in a general population sample of preschool children. *Archives of Disease in Childhood, 89*(6), 506–511. https://doi.org/10.1136/ADC.2003.031435

Chequer, F. M. D., Venâncio, V. de P., Bianchi, M. de L. P., & Antunes, L. M. G. (2012). Genotoxic and mutagenic effects of erythrosine B, a xanthene food dye, on HepG2 cells. *Food and Chemical Toxicology, 50*(10), 3447–3451. https://doi.org/10.1016/J.FCT.2012.07.042

Downham, A., & Collins, P. (2000). Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science & Technology, 35*(1), 5–22. https://doi.org/10.1046/J.1365-2621.2000.00373.X

Duff, D. G., Sinclair, R. S., & Stirling, D. (2014). LIGHT-INDUCED COLOUR CHANGES OF NATURAL DYES.

Ghidouche, S., Rey, B., Michel, M., & Galaffu, N. (2013). A Rapid tool for the stability assessment of natural food colours. *Food Chemistry, 139*(1–4). https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.064

Giménez, P. J., Angosto, J. M., & Fernández López, J. A. (2013). Bioactividad de colorantes rojos naturales - Dialnet.

Harivaindaran, K. V., Rebecca, O. P. S., & Chandran, S. (2008). Study of optimal temperature, pH and stability of dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) peel for use as potential natural colorant. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 11*(18), 2259–2263.

Jennings, A. S., Schwartz, S. L., Balter, N. J., Gardner, D., & Witorsch, R. J. (1990). Effects of oral erythrosine (2′, 4′, 5′, 7′-tetraiodofluorescein) on the pituitary-thyroid axis in rats. *Toxicology and Applied Pharmacology, 103*(3), 549–556. https://doi.org/10.1016/0041-008X(90)90327-Q

Jespersen, L., Strømdahl, L. D., Olsen, K., & Skibsted, L. H. (2004). Heat and light stability of three natural blue colorants for use in confectionery and beverages. *European Food Research and Technology 2004 220:3, 220*(3), 261–266. https://doi.org/10.1007/S00217-004-1062-7

Khan, I. S., Ali, M. N., Hamid, R., & Ganie, S. A. (2020). Genotoxic effect of two commonly used food dyes metanil yellow and carmoisine using Allium cepa L. as indicator. *Toxicology Reports, 7*, 370. https://doi.org/10.1016/J.TOXREP.2020.02.009

Maldonado, M. B. (2021). Nuevos desafíos para la industria alimentaria y los nuevos conocimientos acerca del tercer cerebro. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, *4*(4), 92–97.

Maldonado, M., & González Pacheco, J. (2020). Shrinkage phenomenon in cherries during osmotic dehydration.

Maldonado, M., Zanon, M., Almanza, M., Barroso, M., Polenta, G., Denoya, G., & Sanow, C. (2016). Uso del colorante Azul Brillante en cerezas en conserva. *Revista Española de Nutrición Comunitaria, 22*(2), 38–48.

McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J. O., & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet*, *370*(9598), 1560–1567.

Mittal, A., Mittal, J., Kurup, L., & Singh, A. K. (2006). Process development for the removal and recovery of hazardous dye erythrosine from wastewater by waste materials—Bottom Ash and De-Oiled Soya as adsorbents. *Journal of Hazardous Materials, 138*(1), 95–105.

Oplatowska-Stachowiak, M., & Elliott, C. T. (2015). Food Colours: Existing and Emerging Food Safety Concerns. Critical Reviews. *Food Science and Nutrition, 57*(3), 524–548.

Oreopoulou, V., Psimouli, V., Tsimogiannis, D., Anh, T. K., Tu, N. T. M., Uygun, U., Koksel, H., Gokmen, V., Crews, C., Tomoskozi, S., Domotor, L., Balazs, G., Zhang, L., Liu, H., Cui, Y., Liu, B., Wenping, D., Xingguo, W., Weining, H., … El-Nawawy, M. (2009). Assessing food additives: the good, the bad and the ugly. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 1*(2), 101–110. https://doi.org/10.1111/J.1757-837X.2009.00012.X

Panachiyil, G., Babu, T., Sebastian, J., & Doddaiah, N. (2019). A pediatric case report of fixed drug eruption related to carmoisine colorant present in paracetamol syrup. *Indian Journal of Pharmacology, 51*(4), 279.

Razak, N. A., Tumin, S. M., & Tajuddin, R. (2011). Effect of Temperature on the Color of Natural Dyes Extracted Using Pressurized Hot Water Extraction Method. *American Journal of Applied Sciences, 8*(1), 45–49.

Shahabadi, N., Akbari, A., Jamshidbeigi, M., & Fili, S. M. (2017). Interaction studies of copper complex containing food additive carmoisine dye with human serum albumin (HSA): Spectroscopic investigations. Luminescence. *The Journal of Biological and Chemical Luminescence, 32*(7), 1319–1327. https://doi.org/10.1002/BIO.3328

Suglia, S. F., Solnick, S., & Hemenway, D. (2013). Soft drinks consumption is associated with behavior problems in 5-year-olds. T*he Journal of Pediatrics, 163*(5), 1323–1328.

Wang, R., Hu, X., Pan, J., Gong, D., & Zhang, G. (2019). Interaction between quinoline yellow and human serum albumin: spectroscopic, chemometric and molecular docking studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 99*(1), 73–82. https://doi.org/10.1002/JSFA.9144

* * *

ACTUALIZACIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL PARA MEDIR EL TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN RECINTOS

César Eduardo Boschi[1]; Carlos Adrián Prado[1]; Eduardo Ariel Abarca[1]

[1] Laboratorio de Acústica y Sonido "Mario Guillermo Camín", Universidad Tecnológica Nacional FRM
cboschi@frm.utn.edu.ar, boschicesar@gmail.com

Resumen: El objetivo del presente estudio es exponer un método experimental adaptado para medir el Tiempo de Reverberación (TR60) y corroborar su correspondencia con dos modelos que fueron desarrollados para predecir dicho Tiempo de Reverberación en recintos cerrados. Si una sala tiene paredes altamente reflectantes del sonido, la inteligibilidad disminuye porque los sonidos que se van emitiendo, se confunden con los anteriores que aún no se han extinguido. Lo contrario sucede si las paredes son muy absorbentes, en cuyo caso se observa una sensación de molestia causada por el hecho de que los sonidos se extinguen inmediatamente después de ser emitidos y se percibe un estado de sofocación que dista mucho de ser agradable. Dependiendo del uso que se le dé a una determinada sala será el Tiempo de Reverberación que se recomienda como correcto para la misma. Desde el punto de vista del diseño de recintos destinados a la audición, el control de la reverberación de los sonidos constituye una premisa fundamental, en consecuencia, es necesario poder medir este parámetro de manera precisa. Se expone como ha sido la evolución del método experimental adaptado hasta la actualidad en donde se ha incorporado el uso de herramientas informáticas. luego, se discuten tres casos en los que se aplicó y finalmente se analiza su utilidad para emplearlo en tareas de acondicionamiento acústico de recintos fundamentalmente en lo que hace a sus ventajas, exactitud y practicidad.

Palabras claves: acústica, arquitectura, sonido, reverberación, inteligibilidad.

INTRODUCCIÓN

Cuando una fuente sonora vibra produce ondas que se propagan en el aire a una velocidad aproximada de 340 m/s. Cuando estas ondas se encuentran con un obstáculo una parte es absorbida por él, otra es transmitida a través de este y otra parte es reflejada. La proporción entre ellas depende de la naturaleza del material. En un recinto cerrado la vibración del aire contenido por aquel se debe a la acción resultante de la onda progresiva y las ondas regresivas originadas en las múltiples reflexiones en las superficies límites. Las reflexiones se van produciendo entre paredes, techo, suelo y así sucesivamente, de manera que se superponen al sonido original. Si las reflexiones son en gran número y se suceden erráticamente en el tiempo, el campo sonoro resultante se llama reverberante o difuso. A los fines de poder cuantificar este fenómeno se ha definido un parámetro que se denomina el tiempo de reverberación (TR60), y se define como el tiempo necesario para que el nivel de una señal acústica, cuya emisión se interrumpe, caiga 60 dB con respecto al nivel primitivo. Desde el punto de vista del diseño de recintos destinados a la audición, el control de la reverberación de los sonidos constituye una premisa fundamental. Si una sala tiene paredes altamente reflectantes del sonido, la inteligibilidad disminuye porque los sonidos que se van emitiendo, se confunden con los anteriores que aún no se han extinguido. Lo contrario sucede si las paredes son muy absorbentes, en cuyo caso se observa una sensación de molestia causada por el hecho de que los sonidos “mueren” inmediatamente después de ser emitidos y se percibe un estado de sofocación que dista mucho de ser agradable. Dependiendo del uso que se le dé a una determinada sala será el tiempo de reverberación que se considere como correcto para la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

En principio el tiempo de reverberación es función del volumen de la sala y del coeficiente de absorción de las superficies de ésta. Distintas fórmulas se han desarrollado para predecir dicho tiempo teniendo en cuenta estas características.

Fórmula de Sabine

Esta fórmula fue postulada por Sabine partiendo del supuesto de que existe un reparto homogéneo de absorbentes con un coeficiente de absorción bajo (Recuero, 2000). Teniendo en cuenta estos supuestos el tiempo de reverberación puede calcularse mediante la fórmula indicada en la Ecuación (1):

$$T = 0{,}161 \,.\, \frac{V}{A} \qquad (1)$$

En donde:

T: Tiempo de reverberación [s]

V: Volumen de la sala [m^3]

A: Absorción total [m^2]

Donde A se obtiene a partir de la Ecuación (2):

$$A = \alpha \,.\, S \qquad (2)$$

Siendo:

α: Coeficiente de absorción sonora

S: Área de la superficie de la sala [m^2]

Fórmula de Norris - Eyring

Esta fórmula sólo es aplicable cuando los coeficientes de absorción sonora son de valores numéricos parecidos para todas las superficies límite (Davis y Davis,1987), y se deriva de la Ecuación (3).

$$T = 0{,}161 \frac{V}{-S \,.\, ln(1-\alpha_m)} \qquad (3)$$

Donde:

α_m: Coeficiente de absorción medio

Fórmula de Millington - Sette

Si los coeficientes de absorción que entran en juego diferentes grandemente unos de otros, es conveniente utilizar la fórmula de Millington – Sette expresada en la Ecuación (4):

$$T = 0{,}161 \frac{V}{-\sum S_i \,.\, \ln(1-\alpha_i)} \quad (4)$$

Donde:

S_i: Área del material iésimo [m^2]

α_i: Coeficiente de absorción de dicho material

En todos los casos no se ha tenido en cuenta el factor de absorción del aire, el cual solo resulta significativo para las cortas longitudes de onda, sobre todo en salas de gran volumen, mayor a 5000 m^3.

Procedimiento para medir el Tiempo de Reverberación

Existen diversos métodos para medir el tiempo de reverberación, las diferencias fundamentales en los distintos métodos están basadas en la información que se desee obtener, es decir, si se trata de obtener valores globales de discernimiento de una banda de frecuencias en un espectro amplio o se busca mayor resolución en determinadas frecuencias (Mompín Poblet, 1982). El método de medición adaptado inicialmente empleaba un detonador y un sonómetro con registrador. Se empleaba preferentemente una detonación como fuente de sonido porque se obtienen niveles sonoros altos y con un espectro de frecuencias generalmente muy amplio. La actualización implementada consiste en emplear en vez de una detonación como fuente sonora, ruido blanco generado electrónicamente, emitido a través de una fuente omnidireccional ubicada en la sala bajo estudio y un sonómetro con datalogger también ubicado en el lugar bajo estudio, lo suficientemente alejado de la fuente sonora como para estar en el campo reverberante.

Resumidamente el procedimiento es el siguiente:

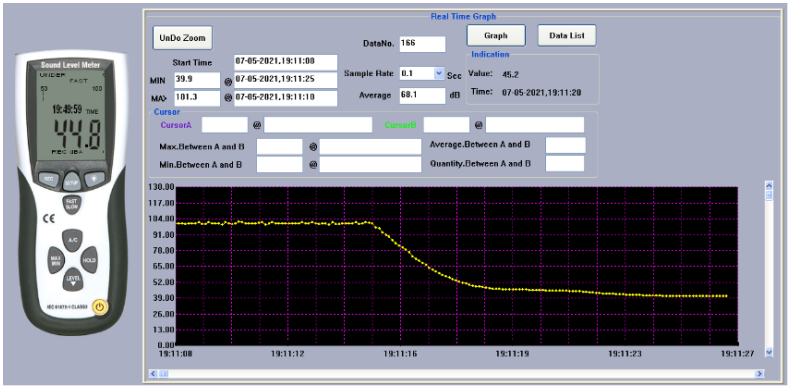
1. Se coloca el Medidor de Nivel Sonoro en un trípode.
2. Se enciende el Medidor de Nivel Sonoro.
3. Se fija la toma de muestra en una cada 0,1 segundo.
4. Se selecciona el tiempo de respuesta del Medidor de Nivel Sonoro en respuesta rápida (Fast).
5. Se selecciona el filtro de ponderación “A”.
6. Se selecciona el mayor rango del instrumento.
7. Se genera ruido blanco con un nivel idealmente de 70 dB o en su defecto de 40 dB por encima del ruido de fondo y se espera a que se estabilice el nivel sonoro que detecta el registrador.

8. Se interrumpe abruptamente la emisión del sonido.
9. Pasado un lapso suficiente hasta que se extingue todo el sonido generado por la fuente, se detiene la toma de registros.
10. Se descargan los datos del instrumento medidor a una computadora y se procesan.
11. Optativamente se puede repetir todo el proceso desde el punto 5 seleccionando el filtro de ponderación del instrumento registrador en la posición “C”.

Los registros almacenados en el instrumento medidor tienen el siguiente aspecto, de los cuales, mediante procesamiento se puede obtener el tiempo buscado.

Figura 1

Instrumento medidor con registros almacenados



Si el salto de niveles sonoros es de 70 dB por encima del ruido de fondo, es posible medir directamente el Tiempo de Reverberación (TR60), como esto no siempre es posible se puede determinar el tiempo que tarda en decaer el nivel sonoro 30 dB (TR30) y luego se extrapolar dicho valor para hallar el TR60.

RESULTADOS

En particular se analizan a continuación tres casos distintos que fueron ensayados por este método, los cuales se han seleccionado ya que sus volúmenes difieren notablemente entre sí.

Caso Nº 1: Sala de ensayo de bandas musicales

Al momento de realizarse las mediciones, la sala bajo estudio se encontraba en sus superficies con los revestimientos detallados en la Tabla 1. Tal situación se puede observar en la Figura 2.

Tabla 1

Distribución de revestimientos para el caso Nº 1

Cerramiento	Tipo de revestimiento	Sup., [m^2]
Norte	Enlucido de yeso o cal con terminación fina y pintado	11,50
Sur	Enlucido de yeso o cal con terminación fina y pintado	8,30
	Bafle fonoabsorbente	3,20
Este	Enlucido de yeso o cal con terminación fina y pintado	10,37
	Bafle fonoabsorbente	3,20
Oeste	Enlucido de yeso o cal con terminación fina y pintado	13,57
Techo	Yeso sobre metal desplegado	29,50
Piso	Entarimado de madera	25,50
	Alfombra de lana 1,2 kg/m2	4
Objetos	Personas de pie (0,8 m2/persona)	4
	Batería, bafle y mesa	4

Figura 2

Aspecto de la sala de ensayos al momento de realizar las mediciones

Luego de aplicar el procedimiento descripto y de procesar los datos, el tiempo de reverberación medido para la sala bajo estudio fue de 1,6 segundos usando ambos filtros “A” y “C”. En la Tabla 2 se comparan los valores calculados con las fórmulas de Sabine, Norris – Eyring y Millington – Sette expuestas bajo el título Materiales y Métodos.

Tabla 2

Valores calculados para el caso Nº 1.

Caso Nº 1, Volumen, [m^3] = 67,85							
Frecuencia, [Hz]	128	256	512	1024	2048	4096	Promedio
TR60, [s] Sabine	1,83	1,48	1,40	0,99	0,84	1,05	1,27
TR60, [s] Norris	2,15	1,59	1,30	0,63	0,91	1,14	1,29
TR60, [s] Millington	1,73	2,09	1,75	1,21	0,82	1,11	1,45

Caso Nº 2: Templo Evangélico “Dios de Israel”

Al momento de realizarse las mediciones, la sala bajo estudio se encontraba en sus superficies con los revestimientos detallados en la Tabla 3. Tal situación se puede observar en la Figura 3.

Tabla № 3

Distribución de revestimientos para el caso Nº 2

Cerramiento	Tipo de revestimiento	Superficie [m^2]
Norte	Placa de yeso 12 mm de espesor con un espacio de aire de 7 cm atrás	40,25
Sur	Enlucido Yeso o cal, terminación gruesa	37,25
	Vidrio, cristal corriente de ventana	3,00
Este	Enlucido Yeso o cal, terminación gruesa	57,74
	Vidrio, cristal corriente de ventana	1,76
Oeste	Enlucido de yeso o cal con terminación gruesa, pintado	51,51
	Vidrio, cristal corriente de ventana	4,50
	Puerta de madera	3,49
Techo	Yeso con cámara de aire	195,50
Piso	Cerámico	195,50
Objetos	Personas de pie (0,8 m2/persona)	8
	Asiento (0,8 m2/asiento)	180

Figura 3

Aspecto de la sala bajo estudio del Caso Nº 2 al momento de realizar las mediciones

El tiempo de reverberación medido para la sala bajo estudio fue de 2,6 segundos usando el filtro “A” y 2,8 segundos usando el filtro “C”. En la tabla 4 se comparan los valores calculados.

Tabla 4

Comparación de resultados para el caso Nº 2.

Caso Nº 2, Volumen, [m^3] = 664,24							
Frecuencia, [Hz]	128	256	512	1024	2048	4096	Promedio.
TR60, [s] Sabine	2,7	3,2	4,1	3,9	3,1	2,8	3,3
TR60, [s] Norris	1,5	1,6	2,1	2,3	1,7	1,8	1,8
TR60, [s] Millington	2,5	3,5	4,5	4,5	3,3	3,0	3,6

Caso Nº 3: Templo Evangélico “Jesús Luz del Mundo”

Al momento de realizarse las mediciones, la sala bajo estudio se encontraba en sus superficies con los revestimientos detallados en la Tabla 5. Tal situación se puede observar en la Figura 4.

Tabla 5

Distribución de revestimientos para el caso Nº 2.

Cerramiento	Tipo de revestimiento	Superficie [m^2]
Norte	Enlucido de yeso o cal con terminación fina, pintada	386,76
	Vidrio, cristal corriente de ventana	9,96
Sur	Enlucido Yeso o cal, terminación fina, pintada	386,76
	Vidrio, cristal corriente de ventana	9,96
Este	Moqueta pegada sobre cemento	65,52
	Puerta de vidrio	18,00
Oeste	Enlucido de yeso o cal con terminación fina, pintado	83,52
Techo	Placas de cielorraso suspendido con espacio de aire arriba	321,14
Piso	Cerámico	264,50
	Moqueta sobre suelo de cemento	56,64
Objetos	Personas de pie (0,8 m2/persona)	14
	Asiento (0,8 m2/asiento)	500

Figura 4

Aspecto de la sala bajo estudio del Caso Nº 3 al momento de realizar las mediciones

El tiempo de reverberación medido para la sala bajo estudio fue de 2,4 segundos para las mediciones con ambos filtros “A” y “C”. En la Tabla 6 se comparan los valores calculados.

Tabla 6

Comparación de resultados para el caso Nº 3.

Caso Nº 3, Volumen, [m^3] = 2516,08							
Frecuencia, [Hz]	128	256	512	1024	2048	4096	Promedio.
TR60, [s] Sabine	3,14	2,99	2,63	2,29	2,13	1,97	2,52
TR60, [s] Norris	2,35	2,17	1,59	1,39	1,26	1,19	1,66
TR60, [s] Millington	2,25	2,26	2,18	1,80	1,54	1,43	1,91

DISCUSIÓN

Los tres casos analizados difieren notablemente en el volumen de las salas, además dos ellos tenían un tratamiento acústico previo, esto determina cuales son las fórmulas que simulan con mejor aproximación los resultados medidos del tiempo de reverberación. Las fórmulas de Sabine y la de Norris – Eyring, son de aplicación cuando los coeficientes de absorción son parecidos y de valores inferiores a 0,2. En cambio, la fórmula de Millington – Sette es conveniente utilizarla si los coeficientes de absorción que entran en juego difieren grandemente unos de otros. Por otro lado, por la naturaleza de la respuesta de los filtros de ponderación del instrumento medidor, si se utiliza el filtro "A" introduce una fuerte atenuación en bajas y en altas frecuencias por lo que permite medir la respuesta de la sala en frecuencias medias, típicamente en torno a los 1000 Hz. En cambio, si se utiliza el filtro de ponderación "C", la banda pasante del mismo prácticamente no atenúa sonidos de ninguna de las frecuencias analizadas (Recuero, 1999). En el Caso Nº 1 bajo estudio, correspondiente a una sala de ensayos de bandas musicales la comparación entre los valores medidos y los calculados arrojó los valores que muestra la Tabla 7.

Tabla 7

Comparación de valores medidos y calculados para el Caso Nº 1.

Caso Nº 1			
	Medido	Calculado	error %
TR60 -Filtro A	1,6	1,21	24%
TR60 -Filtro C	1,6	1,45	9%

Se observa una buena correlación entre los valores medidos y los calculados con la fórmula de Millington – Sette dado que los coeficientes de absorción de los materiales de revestimiento de la sala difieren notablemente unos de otros. Los errores obtenidos con las otras dos fórmulas son mayores.

En el Caso Nº 2 bajo estudio, correspondiente al templo "Dios de Israel", la comparación entre los valores medidos y los calculados arrojó los valores que muestra la Tabla 8.

Figura 5

Curvas de los filtros de ponderación

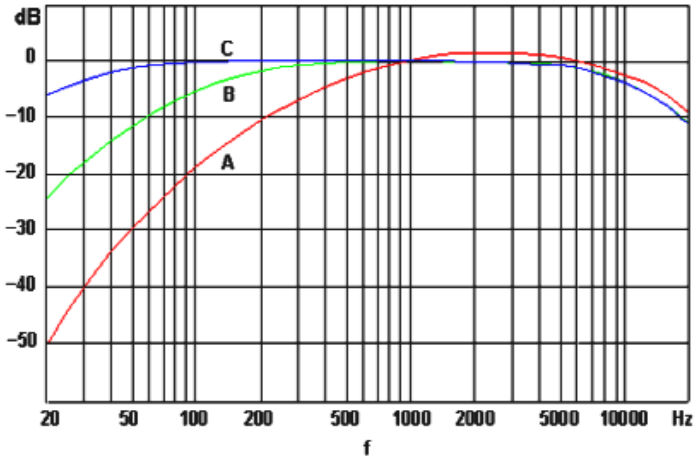


Tabla 8

Comparación de valores medidos y calculados para el Caso Nº 2.

Caso Nº 2			
	Medido	Calculado	error %
TR60 -Filtro A	2,6	2,3	12%
TR60 -Filtro C	2,8	1,8	36%

Se observa una buena correlación entre los valores medidos utilizando el filtro “A” y los calculados con la fórmula de Norris – Eyring. Esto es coherente con el hecho que los coeficientes de absorción de los materiales de revestimiento de la sala son similares unos de otros. Los errores obtenidos con las otras dos fórmulas son mayores.

En el Caso Nº 3 bajo estudio, correspondiente al templo “Jesús Luz del Mundo”, la comparación entre los valores medidos y los calculados arrojó los valores que muestra la Tabla 9.

Tabla 9

Comparación de valores medidos y calculados para el Caso Nº 3.

Caso Nº 3			
	Medido	Calculado	error %
TR60 -Filtro A	2,4	2,29	5%
TR60 -Filtro C	2,4	2,52	5%

Se observa una buena correlación entre los valores medidos utilizando ambos filtros y los calculados con la fórmula de Sabine. Esto es coherente con el hecho que los coeficientes de absorción de los materiales de revestimiento de la sala son similares unos de otros. Los errores obtenidos con las otras dos fórmulas son mayores.

CONCLUSIONES

El método de medición empleado permite obtener resultados rápidos y con un buen grado de aproximación. Tiene la ventaja de ser un método sencillo de implementar. La desventaja radica en el hecho de que no aporta información discriminada sobre las distintas bandas de octava. Por lo tanto, este método es útil en una etapa inicial de acondicionamiento acústico de una sala.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece colaboración del Ing. Adrián Muñoz para gestionar los permisos ante los responsables de las salas bajo estudio y su ayuda durante las mediciones. Asimismo, se agradece la colaboración de los mencionados responsables: Sres. Álvaro Martínez, Daniel Díaz y Alejandro Morelato respectivamente.

REFERENCIAS

Recuero López, M. (1999). *Acústica Arquitectónica*. Paraninfo.
Recuero López, M. (2000). *Ingeniería Acústica*. Paraninfo.
Davis, D. y Davis, C. (1987). *Sound System Engineering*. Sams.
Mompín Poblet, J. et al. (1982). *Manual de Alta Fidelidad y Sonido Profesional*. Marcombo Boixareu.

* * *

MODELO DE PROCESOS DIFUSIVOS NO ESTACIONARIOS EN ESFERAS HUECAS APLICADO A LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. ESTUDIO DE CASO: CEREZAS INMERSAS EN JARABE

Raúl C. Pérez[1]; Noelia Robles[1]; Josefina Huespe[1]

[1] Grupo IEMI, Unidad Investigación DIDEME, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza
rcperezi@gmail.com, josefina.huespe@gmail.com

Resumen: Los procesos de difusión son preponderantes en varios procesos industriales, pero especialmente en el área de la alimentación. Muchos de estos procesos pueden modelarse considerando su geometría específica y sus propiedades intrínsecas. La mayoría de los casos en que se producen procesos difusivos, pueden ser estudiados con modelos de simulaciones contrastadas con modelos experimentales, con el objetivo de profundizar su conocimiento y eficientizar sus procesos de industrialización. En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo aplicado a un caso de estudio particular de un proceso industrial, cerezas inmersas en jarabe. Este modelo explica que la geometría esférica hueca de las cerezas como caso particular, es un factor de alto impacto en el estudio de la difusión, las curvas de contrastación entre los datos experimentales y modelados matemáticamente ajustan de acuerdo a lo esperado; y a partir de estos resultados se diseñó un modelo de aplicación para todo alimento con geometría esférica para fines prácticos, permitiendo generalizar el modelo y extender el conocimiento adquirido a fenómenos difusivos de diferentes naturaleza y situaciones, sobre todo en la industria de los alimentos..

Palabras claves: Procesos difusivos. Geometría esférica. Alimentos

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los estudios sobre los procesos de difusión, se emplean para su descripción analítica las ecuaciones de Fick (1985); pero su empleo presupone una situación de equilibrio estacionario. Esta presunción no siempre se cumple, más bien es poco probable que ocurra por lo menos en un período inicial. Por esta razón, es importante abordar esta problemática desde una óptica más general, estudiando al fenómeno difusivo como en un estado no estacionario, tal como es tratado por Crank (1957).

Los fenómenos de difusión son muy comunes tanto en la naturaleza, como también en los procesos artificiales, especialmente los desarrollados en la industria de la alimentación. En este caso particular se estudió la inmersión de cerezas en jarabe, pero existen innumerables procesos similares de inmersión de diversas frutas en almíbar, aceitunas en salmuera, diferentes vegetales en pickles, etc. Muchos de estos fenómenos pueden modelarse en función de su geometría, como aquellos casos particulares que presentan simetría esférica. Es bien sabido entonces que, existen numerosos casos en que los alimentos que están sometidos a procesos difusivos pueden ser estudiados como un elemento de simetría aproximadamente esférica. Por esta razón es importante desarrollar un modelo para simular estos procesos de difusión, con el objetivo de profundizar su conocimiento y eficientizar sus procesos de industrialización. En el presente trabajo, se estudió en forma analítica y empírica el diseño de un modelo de procesos difusivos no estacionarios para alimentos con geometrías que se pueden considerar prácticamente esférica. Con este objetivo se realizó el estudio para cerezas inmersas en jarabe como estudio de caso particular; y a partir de sus resultados generalizarlos para los demás alimentos con geometría cuasi esférica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desarrollo conceptual de modelo

Para modelar la difusión no estacionaria de alimentos con simetría cuasi esférica hueca inmersas en soluciones líquidas a una cierta temperatura, en el presente trabajo se estudió el caso de cerezas descarozadas sumergidas en jarabe.

Se trabajó con cerezas sulfitadas de 3500-3800ppm de SO_2, variedad Rainier, calibre 2,2cm. Las cerezas se desulfitaron mediante inmersión en agua corriente por 24 horas. El ensayo se realizó por triplicado. Se trabajó a una temperatura de 60°C, con cerezas inmersas en jarabe de sacarosa. El método empleado fue le método lento o método Francés, el cual consiste en someter al producto a una serie de impregnaciones durante 5 días, con jarabes de distintas concentraciones, cada vez más altas. Inicialmente se efectúa una impregnación con jarabe a 25ºBrix, luego de igualarse las concentraciones entre el fruto y el jarabe, y al cabo de 24 horas, se efectúa una segunda impregnación a 35ºBrix, luego una tercera, cuarta y quinta, incrementando la concentración del jarabe en 10ºBrix cada día, hasta alcanzar una concentración de 65ºBrix en el jarabe en el último día. Esto se realiza para que no se produzca encogimiento del fruto por la plasmólisis del mismo. Los parámetros más importantes que se presentan en los modelos de esta naturaleza de fenómeno, por su incumbencia son: El radio exterior de la esfera *R*, el radio interior del hueco *b* (siendo para esferas sólidas no huecas *b* = 0), y el coeficiente de difusión *D.* El valor de la concentración de la solución dentro del fruto en función de la posición *r* ($b \leq r \leq R$) y el tiempo *t* está dada por la Ecuación (1) (Cranck, 1957):

$$C(r,t) - C_0 = (C_1 - C_0).\left\{1 + \frac{2}{\pi r}\sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{b.\cos(n\pi)-R}{n}\right].seno\left[\frac{n\pi(r-R)}{b-R}\right].e^{-\left[n\pi(b-R)^2 Dt\right]}\right\} \quad (1)$$

Donde C_0 es la concentración inicial de la solución en que se sumerge el alimento esférico y C_1 la concentración inicial de la pulpa del fruto. Realizando para la ecuación (1) una aproximación de primer orden, es decir tomando únicamente el término para *n* = 1, se obtiene la Ecuación (2):

$$C(r,t) - C_0 = (C_1 - C_0).\left\{1 + \frac{2}{\pi r}.(b.\cos(\pi) - R).seno\left[\frac{\pi(r-R)}{b-R}\right].e^{-\left[\pi(b-R)^2 Dt\right]}\right\}$$

$$C(r,t) - C_0 = (C_1 - C_0).\{1 - \frac{2}{\pi r}.(b+R).seno\left[\frac{\pi(r-R)}{b-R}\right].e^{-[\pi(b-R)^2 Dt]}\}$$

(2)

Como se puede apreciar por la Ecuación (2), la evolución en el tiempo de la concentración de la solución en el interior del fruto *C(r,t)* en un punto *r* determinado, depende de los parámetros geométricos *R* y *b* del alimento esférico hueco; cómo así también de las condiciones de concentraciones iniciales del proceso y las propiedades difusivas del medio, contempladas en *D*.

Determinación del valor de D

A excepción del valor de *D*, todos los parámetros mencionados anteriormente pueden ser medidos para ser utilizados en el cálculo de la ecuación (2). Por este motivo, se hace necesario desarrollar una metodología de cálculo para poder determinar el valor de D. Para lograr esto, se realizaron numerosas experiencias de laboratorio, midiendo las concentraciones de jarabe en el interior de cerezas a diferente distancia *r* en distintos tiempos *t*. De esta forma, conociendo las concentraciones mencionadas, a partir de la ecuación (2) se puede obtener el valor de *D* al despejarlo de la misma ecuación:

$$\frac{C(r,t)-C_0}{C_1-C_0} - 1 = \frac{2}{\pi r}.[-(b+R).seno\left(\pi.\frac{(r-R)}{(b-R)}\right).e^{-[\pi(b-R)^2 Dt]}]$$

$$\frac{\pi r}{2}.\left[\frac{C(r,t)-C_0}{C_1-C_0} - 1\right] = -(b+R).seno(\pi.\frac{(r-R)}{(b-R)}).e^{-[\pi(b-R)^2 Dt]}$$

$$\pi.(b-R)^2.D.t = -\ln\left[\frac{\frac{\pi r}{2}\left[\frac{C(r,t)-C_0}{C_1-C_0}-1\right]}{-(b+R).seno\left(\pi.\frac{(r-R)}{(b-R)}\right)}\right]$$

$$D(t) = -\frac{\ln\left[\frac{\frac{\pi r}{2}\left[1-\frac{C(r,t)-C_0}{C_1-C_0}\right]}{(b+R).seno\left(\pi.\frac{(r-R)}{(b-R)}\right)}\right]}{\pi.(b-R)^2.t}$$

(3)

Con la ecuación (3) se puede calcular el valor de *D*. Pero como se puede observar, depende del tiempo, es decir, de la evolución del proceso en un punto *r* del interior de del fruto esférico hueco. Para estudiar la dependencia del valor de *D* con el tiempo, resulta de interés utilizar los resultados de una de las experiencias de laboratorio que se mencionó anteriormente. Para la experiencia realizada se consideró como concentraciones del jarabe y de la cereza iniciales: C_0 = 100 % (correspondientes a 25, 35, 45, 55 y 65°Brix, considerados respectivamente desde el primero al quinto día, como la concentración al 100% en el jarabe); C_1 = 5,2 °Brix, (correspondiente a la concentración en el fruto de la primera medición luego de la primera impregnación). Para las dimensiones de las cerezas se evaluaron los parámetros *R* = 2,07 cm, *b* = 0,12 cm y las mediciones de las concentraciones *c(r,t)* realizadas a *r* = 0,73 cm. En la Tabla N° 1, se muestran los resultados obtenidos para el valor de D utilizando la Ecuación (3), que graficados dan lo mostrado en la figura 1. Para este caso especial, la ecuación (3) toma la forma dada por la ecuación (3.a):

$$D(t) = -\frac{ln[0{,}00663834739.(c(r,t)-5{,}2)]}{37{,}5291707.t} \qquad (3.a)$$

Con los datos de la tabla N°1 usados para obtener los resultados de esta ecuación se puede obtener la gráfica los valores para de D en función del tiempo, los cuales se muestran a continuación en la figura N°1. Estos resultados muestran el hecho físico que a medida que los procesos difusivos evolucionan, penetrando en el interior del fruto, D disminuye con una relación funcional hiperbólica equilátera con el tiempo, debido a que la pulpa interior del fruto se va saturando en solutos hasta llegar a una situación de saturación y equilibrio.

Modelado y simulación

Obtenidos los valores necesarios del coeficiente *D*, se está en condiciones de utilizar la ecuación (2) para modelar y simular el proceso de difusión desarrollado en el laboratorio. Reordenando la ecuación (2), se obtiene la Ecuación (4):

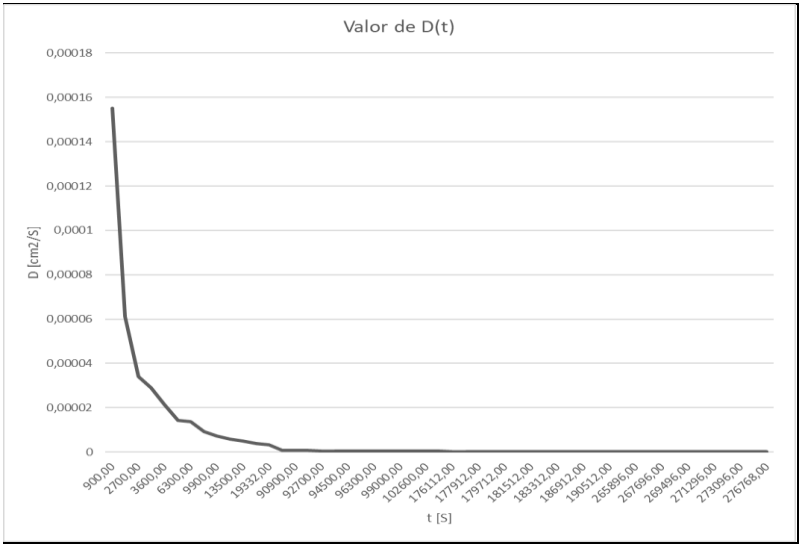
Tabla N°1

Valores de D obtenidos de la ecuación (3)

t	c(r,t)	D
S	ºBrix	cm2/S
0,00	5,1	
900,00	6,0	0,00015508
1800,00	7,6	6,10729E-05
2700,00	9,9	3,41489E-05
3312,00	9,3	2,90601E-05
3600,00	13,6	2,13955E-05
5400,00	13,6	1,42637E-05
6300,00	11,0	1,37757E-05
8100,00	14,1	9,29352E-06
9900,00	15,2	7,3002E-06
11700,00	16,3	5,93942E-06
13500,00	16,7	5,07191E-06
17100,00	18,1	3,82562E-06
19332,00	19,1	3,28788E-06
90000,00	23,8	6,19821E-07
90900,00	25,2	5,91886E-07
91800,00	23,5	6,11339E-07
92700,00	27,0	5,55182E-07
93600,00	25,9	5,65019E-07
94500,00	27,0	5,45038E-07
95400,00	28,0	5,27778E-07
96300,00	28,7	5,14466E-07
97380,00	29,0	5,04518E-07
99000,00	29,9	4,87012E-07
100800,00	31,9	4,57377E-07
102600,00	32,6	4,42631E-07
106200,00	32,3	4,30389E-07
176112,00	37,8	2,31424E-07
177012,00	38,2	2,28413E-07
177912,00	40,7	2,16331E-07
178812,00	40,1	2,1778E-07
179712,00	41,9	2,09375E-07
180612,00	40,3	2,14908E-07
181512,00	40,4	2,13285E-07
182412,00	42,6	2,03646E-07
183312,00	41,0	2,08872E-07
185112,00	41,6	2,04448E-07
186912,00	42,7	1,98362E-07
188712,00	44,1	1,91048E-07
190512,00	43,7	1,90687E-07
176112,00	47,9	1,90922E-07
265896,00	49,5	1,22575E-07
266796,00	50,0	1,21041E-07
267696,00	51,2	1,18005E-07
268596,00	52,3	1,15267E-07
269496,00	50,8	1,18152E-07
270396,00	53,7	1,11751E-07
271296,00	53,3	1,12194E-07
272196,00	52,4	1,13535E-07
273096,00	53,7	1,10512E-07
274896,00	54,5	1,08334E-07
276768,00	53,8	1,08847E-07

Figura N°1

Gráfico de la variación de Coeficiente de difusión D en función del tiempo t.



$$C(r,t) = C_0 + (C_1 - C_0)\{1 - \frac{2}{\pi r}.(b + R).seno\left(\pi.\frac{(r-R)}{(b-R)}\right).e^{-[\pi(b-R)^2 Dt]}\} \quad (4)$$

Utilizando la ecuación (4) y los valores tabulados en la Tabla N° 1 de la experiencia de laboratorio para simular las concentraciones medidas, se obtuvieron los valores de la Tabla N° 2; con los que se generaron los gráficos de la Figura N° 2 (Maldonado et al, 2003a, 2003b, 2003c, 2008, 2014). Con los valores obtenidos para D en el punto anterior, más los datos medidos que figuran en la tabla N°1; se pueden calcular los valores de la concentración de solución en el interior del fruto esférico *C(r,t)* a diferentes tiempos, utilizando la ecuación (4), que toma la forma mostrada en la Ecuación (4.a) para este caso de estudio:

$$c(r,t) = 100 - 94{,}3.[1 - 1{,}58905549.e^{-37{,}5291707.D.t}] \quad (4.a)$$

Tabla N°2

Simulación del modelo de los valores de la evolución temporal de la concentración en r = 0,73 cm.

t	X3 = 2,07	D	C(r,t)
S	ºBrix	cm2/S	
0,00	5,2		
900,00	6,0	1,55E-04	**6,00**
1800,00	7,6	6,10729E-05	**7,63**
2700,00	9,9	3,41489E-05	**9,93**
3312,00	9,3	2,90601E-05	**9,27**
3600,00	13,6	2,13955E-05	**13,57**
5400,00	13,6	1,42637E-05	**13,57**
6300,00	11,0	1,37757E-05	**11,00**
8100,00	14,1	9,29352E-06	**14,13**
9900,00	15,2	7,3002E-06	**15,20**
11700,00	16,3	5,93942E-06	**16,30**
13500,00	16,7	5,07191E-06	**16,73**
17100,00	18,1	3,82562E-06	**18,13**
19332,00	19,1	3,28788E-06	**19,07**
90000,00	23,8	6,19821E-07	**23,77**
90900,00	25,2	5,91886E-07	**25,20**
91800,00	23,5	6,11339E-07	**23,53**
92700,00	27,0	5,55182E-07	**27,03**
93600,00	25,9	5,65019E-07	**25,90**
94500,00	27,0	5,45038E-07	**27,00**
95400,00	28,0	5,27778E-07	**27,97**
96300,00	28,7	5,14466E-07	**28,67**
97380,00	29,0	5,04518E-07	**29,03**
99000,00	29,9	4,87012E-07	**29,87**
100800,00	31,9	4,57377E-07	**31,90**
102600,00	32,6	4,42631E-07	**32,60**
106200,00	32,3	4,30389E-07	**32,30**
176112,00	37,8	2,31424E-07	**37,83**
177012,00	38,2	2,28413E-07	**38,23**
177912,00	40,7	2,16331E-07	**40,73**
178812,00	40,1	2,1778E-07	**40,13**
179712,00	41,9	2,09375E-07	**41,90**
180612,00	40,3	2,14908E-07	**40,30**
181512,00	40,4	2,13285E-07	**40,43**
182412,00	42,6	2,03646E-07	**42,57**
183312,00	41,0	2,08872E-07	**41,00**
185112,00	41,6	2,04448E-07	**41,60**
186912,00	42,7	1,98362E-07	**42,67**
188712,00	44,1	1,91048E-07	**44,13**
190512,00	43,7	1,90687E-07	**43,73**
176112,00	47,9	1,90922E-07	**47,85**
265896,00	49,5	1,22575E-07	**49,53**
266796,00	50,0	1,21041E-07	**50,03**
267696,00	51,2	1,18005E-07	**51,23**
268596,00	52,3	1,15267E-07	**52,33**
269496,00	50,8	1,18152E-07	**50,80**
270396,00	53,7	1,11751E-07	**53,67**
271296,00	53,3	1,12194E-07	**53,27**
272196,00	52,4	1,13535E-07	**52,43**
273096,00	53,7	1,10512E-07	**53,73**
274896,00	54,5	1,08334E-07	**54,47**
276768,00	53,8	1,08847E-07	**53,83**

Con los resultados de los cálculos de esta última ecuación se genera la tabla N°2; y las Figura N° 2 y N° 3.

Figura N° 2
Gráficos de la simulación y valores reales medidos de las concentraciones en función del tiempo en el punto r = 0,73 cm.

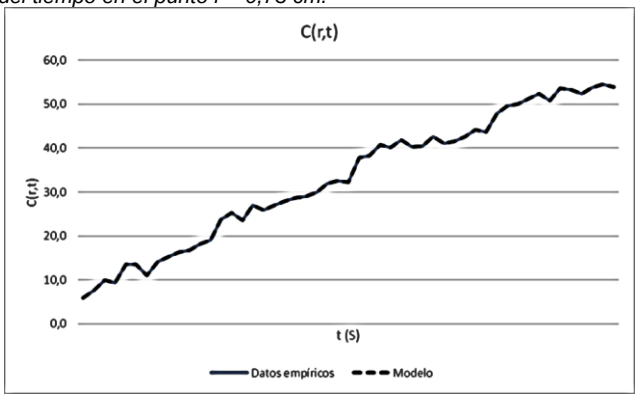
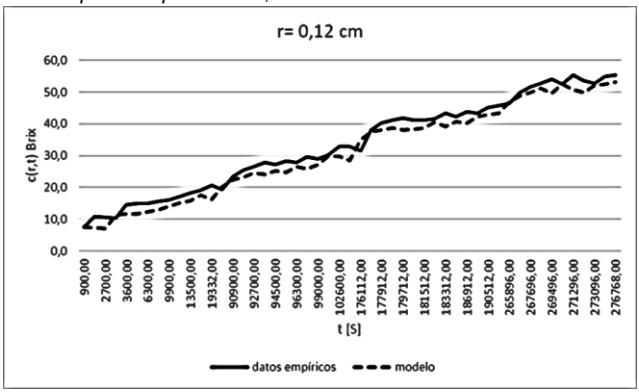


Figura N° 3
Gráficos de la simulación y valores reales medidos de las concentraciones en función del tiempo en el punto r = 0,12 cm.



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se observó que los resultados de la simulación obtenidos del modelo de la evolución temporal del proceso difusivo, expresado por la ecuación (4), ajustan con los valores reales medidos en todas

las experiencias realizadas para estudiar el fenómeno de difusión en alimentos con geometrías cuasi esféricas. Del estudio realizado, se puede concluir que: 1) Para desarrollar el modelo, basta con una aproximación de primer orden (n=1) de la ecuación (1); 2). Se pudo determinar que el valor de D no es constante, por el contrario, disminuye con el tiempo como una función hiperbólica equilátera; 3) El valor del coeficiente *D(r,t)* para un punto *r* dado del interior del fruto a un tiempo determinado *t*, depende paramétricamente tanto de las concentraciones iniciales de la solución en que se sumerge y de la concentración inicial en el interior del cuerpo esférico estudiado, como así también de sus dimensiones: radio externo *R* e interior *b* del hueco; 4) La concentración *C(r,t)* en el interior del cuerpo, depende del valor del coeficiente *D* y de las concentraciones iniciales de la solución en que sumerge y de la concentración en el interior del fruto; 5) Además del estudio de caso expuesto, se realizaron otras experiencias con diferentes concentraciones iniciales y distintas temperaturas, obteniéndose la misma calidad de ajuste de la simulación con los datos empíricos; y 6) Estos resultados animan a aplicar esta modelación a otros tipos de alimentos de formas esferoides para simular sus procesos difusivos.

REFERENCIAS

Crank, J. (1957). *The Mathematics of Diffusion.* Ed: Oxford at the Clarendon Press.

Fick, A. Ann. der. (1855). *Physik*, *94*(59). doi 10.1002/andp.18551700105

Maldonado M.B., Pérez R.C, Pérez Iglesias, J.I. **(**2014). The Sodium Diffusion during the Debittering of Green Table Olives. Elliptical Coordinates Model**.** *Int. Journal of Agriculture Innovations and Research*, *2*(4).

Maldonado, M. B. and Zuritz C.A. (2003_a) *A Model for Diffusion of Sodium in Green Olives at Different Temperatures and Lye Concentrations*. Journal of Food Process Engineering. Vol: 26 (4): 339-356.

Maldonado, M. B. y Zuritz C. A. (2003_b). Modelación matemática del proceso de tratamiento con hidróxido sódico de aceitunas verdes de mesa*. Grasas y Aceites, 54*(2), 180-187.

Maldonado, M.B. and Zuritz, C.A. (2003c). A model for diffusion of sodium in green olives at different temperatures and concentrations. *J. Food Process Engineering*, *26*, 339–359.

Maldonado, M. B. Zuritz and Assof, M. (2008). Diffusion of glucose and sodium chloride of green olives after lye treatment. *Journal of Food Engineering*, *84*, 224–230.

Maldonado, M.B, and Pérez, R.C. **(**2014). A theoretical model of the diffusion process to spherical and isotropic fruits. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics*, *2*(1).

APORTES A LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

APORTACIONES PARA LA COMPRENSIÓN DE LA FÍSICA A TRAVÉS DE PROGRAMAS EN PYTHON

Juan Pablo Martínez[1]; Josefina Huespe[1]; Raúl Pérez[1]; Rodolfo Dematte[2]

[1] Grupo de Investigación Educativa en Matemática para Ingeniería, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.
[2] IENAR, CENIIT, Universidad Nacional de La Rioja.
josefina.huespe@gmail.com, rdematte@gmail.com, rdematte@unlar.edu.ar

Resumen: En el contexto de la mirada estratégica de esta facultad junto al Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) se presenta un trabajo de aportes a la formación por competencias desde la cátedra de Física I para la carrera de Ingeniería en Sistemas. La herramienta pedagógica que se emplea es un programa diseñado en Python por el equipo pedagógico de este trabajo. Si bien se presenta aquí un ejemplo teórico para tiro oblicuo, cabe mencionar que cada tema de la asignatura (Física I) tiene un desarrollo en código con las mismas características a modo de cierre de cada unidad de aprendizaje. Los estudiantes, pueden manipular el programa, encontrar la coherencia entre los cálculos realizados y los valores que el programa les permite ingresar, para luego interpretar a través de la interfase gráfica amigable dichos resultados. De esta forma, acreditamos que los usuarios tengan una aproximación a la programación desde la especificidad de su carrera y que vinculen estas destrezas con la asignatura que plantea la propuesta, enriqueciendo el proceso de aprendizaje desde el gabinete, pudiendo emplear esta metodología para concluir conceptos desde la teoría o desde la práctica. La retroalimentación entre el estudiante y la herramienta es fundamental, el primero necesita proporcionar datos, valores, cálculos, ecuaciones, etc. al programa para que pueda calcular y posteriormente graficar los resultados y en caso de no ser coherentes con el concepto físico estudiado, poder identificar las inconsistencias en el procedimiento de resolución llevado a cabo, propiciando entonces la discusión entre pares y con los docentes.

Palabras claves: enseñanza de la Física- Formación por competencias Python.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo, se considera al alumno co-responsable de su propio proceso de aprendizaje. En función a sus saberes culturales (el empleo de vídeos juegos, redes sociales y por supuesto la aproximación a los lenguajes de programación), se considera al estudiante como protagonista de su camino de aprendizaje. Pensando en que luego, convertido en graduado podrá ser capaz de juzgar críticamente con cuáles elementos de ese camino de aprendizaje quedarán para siempre en su memoria emotiva, para repetirlas, repartirlas en la sociedad, y replicarlas en su realidad.

Esta propuesta, espera aportar una experiencia significativa a los estudiantes de ingeniería en sistemas basadas en la aproximación a la integración entre los conceptos estudiados en física y la comprensión de los mismos a través un programa escrito de manera sencilla (ver Materiales y Métodos).

El aprendizaje será activo y estará siempre centrado en el estudiante, que trabajará de modo autónomo y en equipo. En esta propuesta, los procesos de enseñanza y aprendizaje tienen un carácter descentralizado del aula tradicional, y se desplazan a diferentes espacios tales como virtuales e interdisciplinares.

Se espera también a partir de este trabajo colaborar con la formación por competencias del ingeniero tecnológico, capaz de desempeñarse en grupos disciplinares y multidisciplinares, para resolver problemas y/o crear conocimientos originales vinculados a fenómenos que involucran desde sistemas a escalas subatómicas hasta los sistemas que conciernen al Universo en gran escala.

Las siguientes aportaciones corresponden entonces a prácticas de aprendizaje que representan no solamente una de las unidades del programa de Física I (Unidad Nº3- Movimiento de proyectiles) pero que es extensible para todas las unidades del programa. Cabe destacar lo novedoso de la propuesta porque en la actualidad no existe la incorporación de este tipo de prácticas de aprendizaje en Física I en nuestra Facultad. En el contexto de los objetivos de esta práctica son:

- Desarrollar la capacidad de abstracción y formalización de los procesos físicos. Aplicar los conceptos básicos del cálculo diferencial e integral a los fenómenos de la Física.

- Desarrollar la capacidad de la lectura comprensiva. Interpretar y describir fenómenos físicos de la mecánica Newtoniana.
- Desarrollar la lógica del pensamiento científico.
- Incentivar la duda científica y la formulación de hipótesis.
- Ejercitar la utilización de lenguajes de programación y la familiarización con la programación
- Desarrollar la estructura de conexión entre lo estudiado en una asignatura y lo que representa en la carrera que estudia el alumno.
- Utilización de las TIC como elemento de apoyo para el desarrollo del conocimiento y su implementación en las clases de gabinete.

Esta formación asume la mediación del docente y la institución, basada en la interacción dialógica, horizontal, la relación entre pares, coherentemente con la idea de este proyecto en que se supone que cada estudiante construye y reconstruye su propio conocimiento. En otras palabras, interviene activamente para aprender, ello le permite transformar sus conocimientos y experiencias para desarrollar permanentemente sus competencias como profesional.
Hasta ahora en la mayoría de los casos se espera que el estudiante realice, por sí mismo, el trabajo interdisciplinario; situación que provoca inquietudes y contradicciones por cuanto se requiere la mediación del formador para efectuar las conexiones interdisciplinarias y concretarlas en espacios reales (Ávalos, 2001, Diker, 2003, Vaillant, 2009).

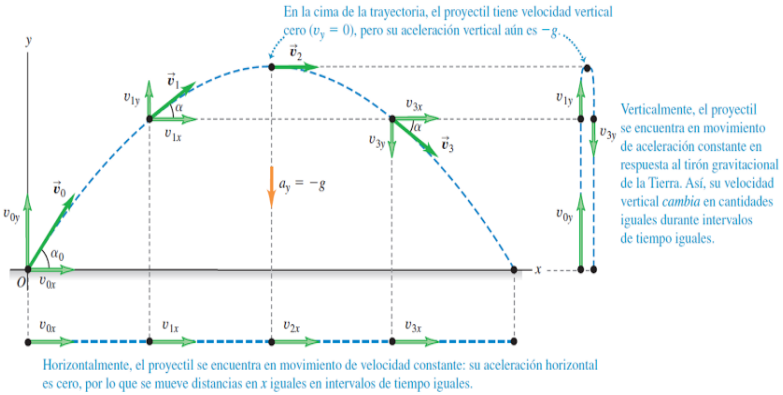
MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se buscó mostrar el aporte que genera la utilización de los lenguajes de programación (en este caso se utilizó Python por la variedad de librerías y módulos orientados a las ciencias básica, pero se puede extender a otros lenguajes) como herramientas pedagógicas en la enseñanza de la Física. La metodología consistió en tomar un problema típico, de los de las guías disponibles en la cátedra y problema tipo de los libros Física I acerca de la unidad Nº 3: Movimiento de proyectiles.

Brevemente se recordarán algunas nociones muy básicas sobre el movimiento de proyectiles. Podemos analizar el movimiento de un proyectil como una combinación de movimiento horizontal con velocidad constante y movimiento vertical con aceleración constante, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Movimiento de proyectiles



Nota: Corresponde a la figura 3.17 del capítulo N°3, Sears Zemansky Ed 13a. Vol I.

A partir de la premisa anterior el movimiento entonces puede ser estudiado de la siguiente manera: en la dirección horizontal (x) el movimiento es con velocidad constante dado por las Ecuaciones (1) a (7).

$$a_x = 0 \qquad (1)$$

$$v_x = v_{0x} + a_x . t \qquad (2)$$

$$v_x = v_{0x} \qquad (3)$$

$$v_x = v_0 \, cos\alpha_0 \qquad (4)$$

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \qquad (5)$$

$$x = x_0 + v_{0x}t \qquad (6)$$

$$x = x_0 + (v_0\, cos\alpha_0)t \qquad (7)$$

En la dirección vertical (y) el movimiento es con aceleración constante y en ningún caso se considera la resistencia del aire como lo expresa la igualdad (8).

$$a_y = -g \qquad (8)$$

En las Ecuaciones (9) a (13) debe recordarse que el signo negativo obedece a la elección de los sentidos de los vectores.

$$v_y = v_{0y} - g.t \qquad (9)$$

$$v_y = (v_0\, sen\alpha_0) - g.t \qquad (10)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \qquad (11)$$

$$y = y_0 + (v_0\, sen\alpha_0)t - \frac{1}{2}gt^2 \qquad (12)$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0) \qquad (13)$$

Además, en la teoría se concluyen las Ecuaciones complementarias (14) y (15) a las expresadas anteriormente

$$v_{0x} = v_0\, cos\alpha_0 \qquad (14)$$

$$v_{0y} = v_0\, sen\alpha_0 \qquad (15)$$

La distancia *r* del proyectil al origen (la magnitud del vector $\vec{r}$ de posición) está dada por la Ecuación (16)

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad (16)$$

La rapidez del proyectil (la magnitud de su velocidad) en cualquier instante está dada por la Ecuación (17)

$$v = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2} \qquad (17)$$

La *dirección* de la velocidad, en términos del ángulo a que forma con el eje +*x está* dada por la Ecuación (18)

$$tan\alpha = \frac{v_y}{v_x} \qquad (18)$$

Es posible también encontrar la ecuación de la trayectoria en términos de x e y, como lo expresa la Ecuación (19)

$$y = (tan\ tan\ \alpha_0)x\ - \frac{g}{2v_0^2 cos^2\alpha_0}\ x^2 \qquad (19)$$

Además, el alcance máximo horizontal puede ser expresado en los términos de las Ecuaciones (20) a (22).

$$R = \frac{v_0^2 sen\ 2\theta_0}{g} \qquad (20)$$

Si $\theta_0 = 45°$ entonces, (21)

$$R_{máx} = \frac{v_0^2}{g} \qquad (22)$$

Por ello, para la resolución del problema propuesto, los estudiantes a partir del programa escrito en Python pueden optar para resolver el caso propuesto utilizando las técnicas de cálculo y contrastar mediante el soporte gráfico que ha sido incorporado a través de la librería Matplotlib. Esto les permite a los alumnos visualizar la física del problema pudiendo modificar los datos de entrada, viendo cómo esto afecta la trayectoria del proyectil y por otro lado comparar los tiempos, dificultades y resultados respecto a los cálculos que ellos mismos realicen en las actividades de gabinete.

Propuesta de resolución del 3.7 "Altura y alcance de un proyectil" *(Sears et al, 2013).*

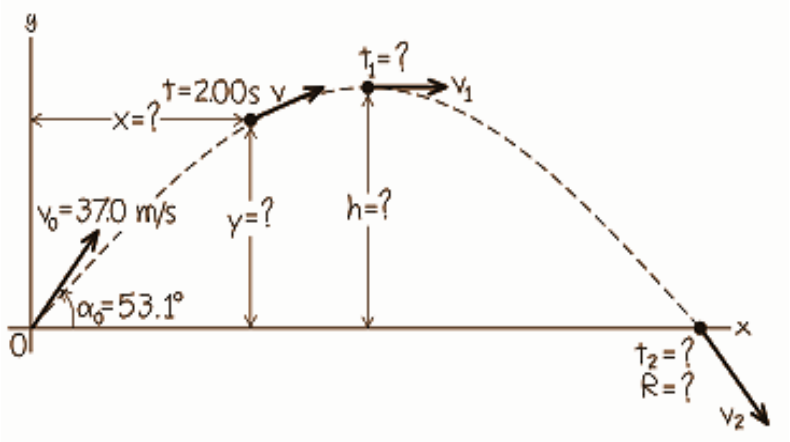
El problema seleccionado corresponde al *Ejemplo 3.7 - Altura y alcance de un proyectil I:* Es un caso de tiro oblicuo en el que se debe calcular la altura máxima y el alcance de un proyectil:

Un bateador golpea una pelota de béisbol de modo que esta sale del bate a una rapidez v_0 = 37,0 m/s con un ángulo a_0 = 53,1°.

a) *Calcule la posición de la pelota y su velocidad (magnitud y dirección) cuando t = 2,00 s.*
b) *Determine cuándo la pelota alcanza el punto más alto de su vuelo y su altura h en ese punto.*
c) *Obtenga el alcance horizontal R, es decir, la distancia horizontal desde el punto de partida hasta donde la pelota cae al suelo.*

Figura 2

Tiro oblicuo de una pelota de béisbol



Nota: Corresponde a la figura 3.23 del capítulo 3. Ejemplo 3.7

El programa escrito para la resolución de este problema utiliza las librerías:

- *Numpy*: manejo de vectores, funciones matemáticas y métodos numéricos.
- *Scipy*: utilización de constantes físicas.
- *Matplotlib*: obtención de gráficas en 2D.
- *Ipywidgets*: interacción en tiempo real con el soporte gráfico.

En primer lugar, se tuvo que calcular las posiciones *x* e y con las componentes v_x y v_y de la velocidad para el instante *t = 2,00 s*. Mediante las ecuaciones de la cinemática y manipulación algebraica se obtuvieron los valores de las magnitudes mencionadas (Ecuaciones (23) a (26):

$$x = v_{0x}t = 44{,}4\ m \qquad (23)$$

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = 39{,}6\ m \qquad (24)$$

$$v_x = v_{0x} = 22{,}2\ \frac{m}{s} \qquad (25)$$

$$v_y = v_{0y} - gt = 10{,}0\ m \qquad (26)$$

Luego se obtuvo los valores de *v* y *α* para el t = 2,00 s (Ecuaciones (27) a (28)):

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 24{,}4\,\frac{m}{s} \qquad (27)$$

$$\alpha = \left(\frac{v_x}{v_y}\right) = 24{,}2° \qquad (28)$$

A continuación, para la parte b del problema, teniendo en cuenta que en el punto más alto de la trayectoria la velocidad $v_y = 0$, se obtuvo (Ecuaciones (29) y (30):

$$t = 3{,}02\ s \qquad (29)$$

$$h = 44{,}6\ m \qquad (30)$$

Finalmente, en la parte c del ejercicio se pide obtener el alcance del movimiento por lo que se propuso hacerlo en dos pasos. En primer lugar, se calculó el tiempo en el que *y = 0* (Ecuación (31):

$$y = 0 = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \qquad (31)$$

Dado que se obtuvo una ecuación cuadrática en el tiempo se procedió a utilizar un método eficaz para el cálculo de raíces que

ofrece la función *poly1d* de *Numpy*. Se debe ingresar como argumento de la función un vector integrado por las constantes *a*, *b* y *c* de una ecuación cuadrática que en este caso son (Igualdades (32) a (34)):

$$a = -\frac{1}{2}g \tag{32}$$

$$b = v_{0y} \tag{33}$$

$$c = 0 \tag{34}$$

RESULTADOS

A partir de lo comentado en la sección anterior, se muestra aquí el código para llamar a las funciones mencionadas y la incorporación de las ecuaciones de movimiento de proyectiles en el programa empleado. El código para llamar la función y obtener las raíces queda de la forma mostrada en la Figura 3.

El resultado es el vector *raíces* con dos componentes siendo cada una de ellas las raíces de la ecuación cuadrática planteada. La primera componente vale $t_1 = 0$ que corresponde al instante inicial del movimiento y la segunda componente es $t_2 = 6{,}03\ s$ que es el tiempo buscado para obtener el alcance de la trayectoria (Igualdad (35)):

$$R = 134{,}1\ m \tag{35}$$

Figura 3

Código para llamar la función y obtener las raíces

```
# Se calculan las raíces utilizando la clase Poly1d de Numpy.
# En primer lugar se ingresan las constantes de la ecuación cuadrática en el formato [A, B, C], por lo
# que el polinomio se arma así: p = np.poly1d([A, B, C]).
p = np.poly1d([-1/2*constants.g, v0_y, 0])

# Luego, mediante el método r se calculan las raíces del polinomio p.
raices = p.r
```

Construcción de la gráfica mediante Matplotlib

Una vez resuelto el problema mediante código se procedió a graficar la trayectoria encontrada utilizando la librería *Matplotlib* (Figura N° 4). Pero no con la idea de obtener un plot estático sino buscando crear una interfaz gráfica interactiva de manera que el usuario pueda modificar en tiempo real las variables de entrada. Esto permite, en primer lugar, darle al estudiante la opción de realizar los cálculos, obtener los resultados e ingresarlos en la interfaz para verificar si los valores calculados coinciden con los correctos (*trayectoria correcta versus trayectoria calculada*).

Por otro lado, se puede obtener una visión más amplia del problema estudiado, modificando arbitrariamente los valores de entrada. Lo que permite visualizar con mayor profundidad la situación física en cuestión permitiéndole al usuario poner en valor distintas consideraciones y condiciones sin estar restringido ya solo a las que indica el ejercicio propuesto. Para la obtención de la gráfica interactiva se definió la función que se muestra en la Figura 5.

Figura 4

Gráfica de la trayectoria que es solución del problema propuesto

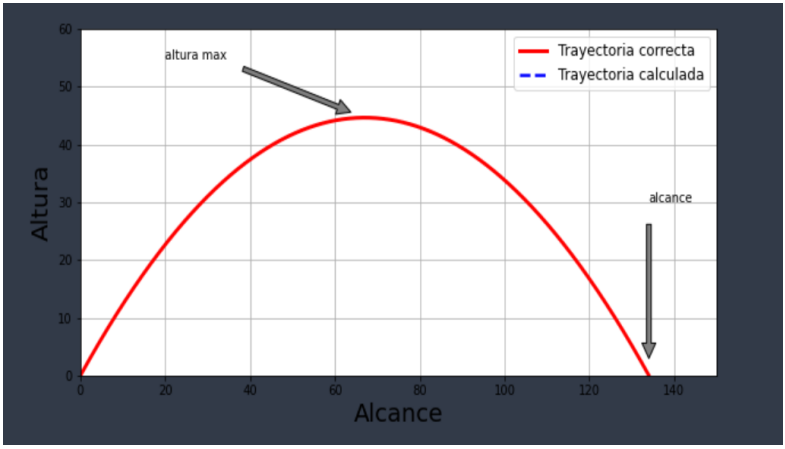


Figura 5

Código para obtener la gráfica interactiva

```
8  def f(R, h):
9      x = np.arange(0, R, 0.1)
10     y = ((-4*h/np.square(R)) * np.square(x-(R/2))) + h
11     plt.figure(figsize=(10,5))
12     plt.grid(True)
13     plt.plot(xs, ys, color='r', label='Trayectoria correcta', linewidth=3.0)
14     plt.plot(x, y, 'b--', label='Trayectoria calculada', linewidth=2.5)
15     plt.ylabel('Altura', fontsize = 20)
16     plt.xlabel('Alcance', fontsize = 20)
17     plt.axis([0, 150, 0, 60])
18     plt.annotate('altura max', xy=(alcance/2, altura), xytext=(20, altura+10),
19             arrowprops=dict(facecolor='grey', shrink=0.1),
20             )
21     plt.annotate('alcance', xy=(alcance, 0), xytext=(alcance, 30),
22             arrowprops=dict(facecolor='grey', shrink=0.1),
23             )
24     plt.legend(loc=1, fontsize = 12)
```

En las líneas 9 y 10 se crean dos vectores, el vector x estará compuesto por valores que van de 0 hasta el valor ingresado de R en incrementos de 0,1 unidades. Entre las líneas 11 y 24 se introducen los comandos para realizar las gráficas, tanto la calculada como la correcta, y las configuraciones de visualización de dichas trayectorias (Figura 6).

Figura 6

Código para visualizar las trayectorias

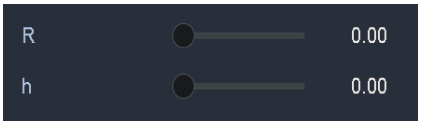
```
25 interact(f, R=widgets.FloatSlider(min=0, max=300, step=0.1, value=0),
26         h=widgets.FloatSlider(min=0, max=100, step=0.1, value=0))
```

La finalidad de graficar mediante una función tuvo como objetivo aplicar a la misma el método *interact* de la librería *Ipywidgets*, el cual permite poder modificar y actualizar en tiempo real el gráfico obteniendo la interfaz interactiva que se buscaba. Este método toma la función *f* definida anteriormente y se ocupa de actualizarla

en tiempo real con los valores ingresados, los cuales se implementaron en la interfaz como las variables de entrada (*R* y *h*) por medio de la interacción con deslizadores o directamente mediante teclado,

Figura 7

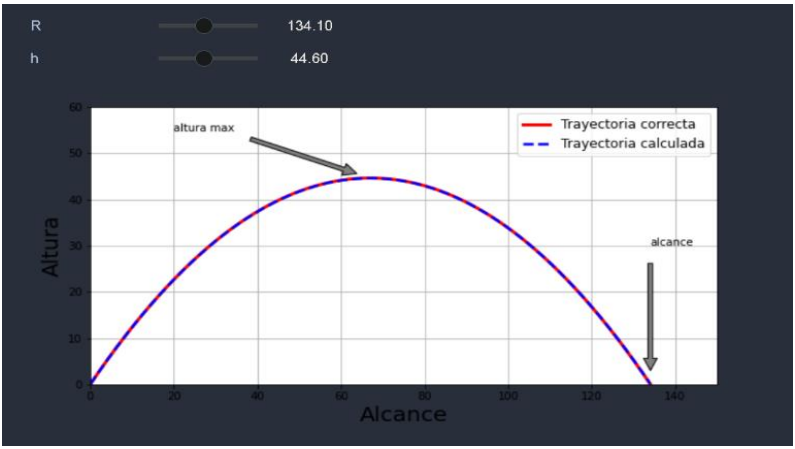
Variables de entrada



En el siguiente ejemplo (Figura 8) se puede observar cómo queda la gráfica para el caso en el cual el usuario ingresa los valores correctos para la *trayectoria calculada*,

Figura 8.

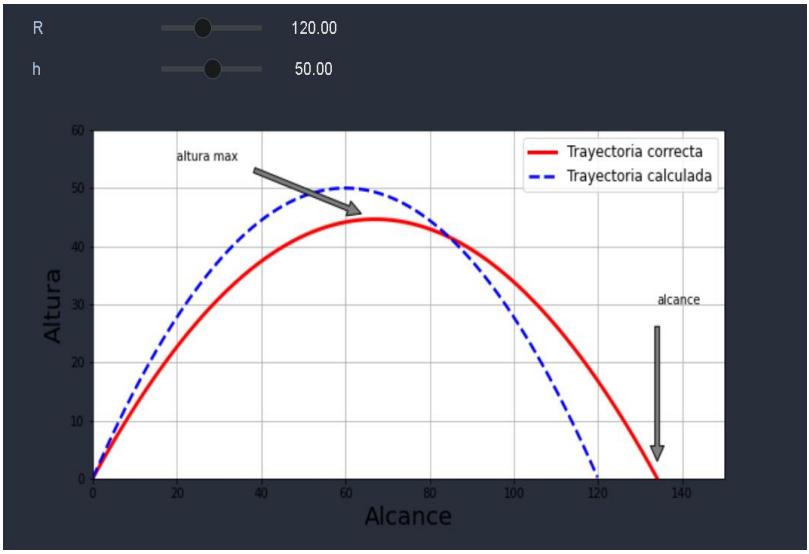
La trayectoria calculada (trazo punteado azul) es igual a la trayectoria correcta (trazo rojo).



En el siguiente caso (Figura 9) se muestra una trayectoria calculada con ambos valores diferentes (*R = 120 m* y *h = 50 m*) al de la trayectoria correcta,

Figura 9

Trayectoria calculada para *R = 120 m* y *h = 50 m*.



Se puede observar en este último caso la posibilidad de verificar cuando los cálculos son diferentes a los correctos y por otro lado, poner en valor la comparación de diferentes casos de estudio. Finalmente es la Figura 10 se muestra cómo se visualiza el caso en el que una de las variables está bien calculada (*h = 44,6 m*) y la otra no (*R = 145 m*),

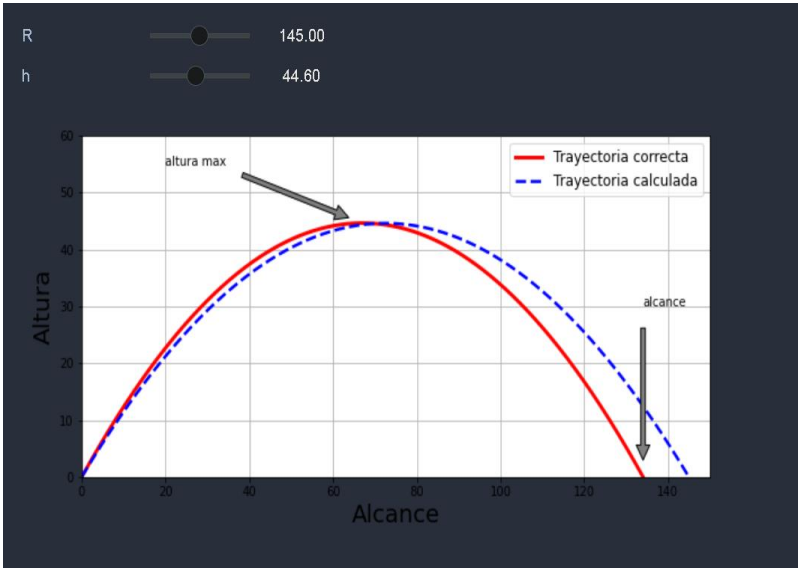
DISCUSIÓN

Se utilizó la librería Matplotlib, para trabajar simulaciones de forma más atractiva a través del manejo de espacios en entornos 3D.

Entre otras librerías que se indicaron a lo largo del trabajo, porque además como se mencionó anteriormente conseguir familiarizar a los estudiantes con el uso de lenguajes de programación más aún en la carrera de Ingeniería de Sistemas no solo contribuye con la formación por competencias de un ingeniero tecnológico sino también apropia la cultura del entorno de estudio con la asignatura Física, creando un lazo que no siempre es visible para los estudiantes. Este tipo de práctica de aprendizaje se propone en principio para Física I de Ing. de Sistemas, pero puede ser extendida a otras carreras según el interés y la interacción interdisciplinar que se pretenda conseguir, así como las competencias que se busque generar en los estudiantes.

Figura 10

Trayectoria calculada para h = 44,6 m y R = 145 m.



Estas prácticas de aprendizaje, son sin dudas del tipo significativas porque generan en los estudiantes la percepción y la interpretación del proceso constante de producción porque además ellos mismos

pueden trabajar y aportar al código (que dejamos disponible de acceso libre). El alumno así es co-responsable de su propio camino de aprendizaje, en un ambiente familiar como la programación. En palabras de Bransford (2004):

> "*La investigación sobre el aprendizaje muestra que es necesario que los estudiantes construyan su propia comprensión de las ideas científicas dentro del marco de sus conocimientos existentes, a fin de permitir a los estudiantes construir su propia comprensión de ideas científicas, ellos deben ser alentados a participar activamente en el tema, para que puedan tener la oportunidad de aprender a través de ese compromiso"*.

Los estudiantes se benefician de preguntas de predicción en la identificación de lo que es importante y la construcción de una estructura mental para la evaluación de los fenómenos. Este marco ayuda a los estudiantes a eliminar detalles innecesarios y especificar los componentes fundamentales que se han de memorizar (Zamarro, Molina y Núñez, 2004).

Salir de los modelos tradicionales de enseñanza es imperativo, la vinculación entre las actividades propias de las carreras de ingeniería con los recursos de simulación y programación son importantes. Los estudiantes de hoy están muy familiarizados con el uso de dispositivos electrónicos, el Internet y la cultura de los videojuegos, conseguir involucrar a los estudiantes en la física mediante el uso de modelos visuales por computador, que simulen la apariencia y el movimiento, para brindar orientación e incentivar al mismo tiempo la innovación y la formación; es realmente una experiencia pedagógica significativa.

CONCLUSIONES

El empleo de programas de softwares y paquetes de simulación para el estudio de muchas disciplinas entre ellas la física lleva ya varios años en el sistema educativo, por caso PhET (acceso libre), Interactive Physics sólo por nombrar algunos, y ha permitido que la academia de a poco incrementa el uso del poder computacional en las asignaturas, por ello incorporar programas propios y con lenguajes conocidos por los estudiantes es un avance más en este camino de desarrollar competencias y habilidades en nuestros estudiantes pensando sobre todo en que este caso particular que se presenta una integración entre la programación con la Física I, con el objetivo de obtener resultados de aprendizaje más trascendente que los conseguidos de forma habitual. Pero además en concordancia con el desarrollo de competencias específicas, se cita a Yasar, (2003) cuando expresa "estas prácticas presentan un camino para seguir, pues integra las experiencias para estimular y activar en los estudiantes de ingeniería el deseo de generar una base sólida del conocimiento, útil para su experiencia profesional"

Las ciencias computacionales son el origen de la física computacional, mediante la combinación de la física, la matemática aplicada y la informática, para solucionar problemas científicos. Se busca con estas aplicaciones fomentar el contacto alumno-profesor, la reciprocidad y la cooperación de los estudiantes, el aprendizaje activo, dar retroalimentación inmediata, destacar la importancia de pasar tiempo en una tarea, comunicar las expectativas y respetar la diversidad de talentos y formas de aprender (Chickering y Ehmann, 1996). *El software puede constituir un valioso medio de enseñanza dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, soportado sobre una bien concebida estrategia de aprendizaje* (Candelario-Dorta, 2018).

Los estudiantes de estos años necesitan considerablemente mucho más la incorporación de herramientas de programación, de softwares, que sus predecesores, esto no solo apunta a cómo se ha mencionado a la formación de competencias sino a generar en estos estudiantes ventajas competitivas en el mundo que les toca afrontar. Finalmente queremos aclarar que los autores han decidido dejar el código abierto para que cualquier docente/estudiante tenga acceso al mismo, reproducirlo y emplearlo en sus clases https://github.com/jpmartinezmanno/problemasFisica_Py.git

AGRADECIMIENTOS
A la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional que nos permite desarrollar estas actividades pedagógicas libremente. Al Departamento de Materias Básicas, por apoyar siempre este tipo de iniciativas. Al grupo de investigación IEMI que es el espacio en donde desarrollamos estas investigaciones.

REFERENCIAS

Ávalos, B. (2001). Mejoramiento de la formación inicial de profesores: conjunción de políticas nacionales e iniciativas institucionales. OEI, 5.

Bransford, J., Brown, A. y Cocking, R. (2004). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School.* National Academy Press. DOI:10.17226/9853.

Candelario-Dorta, O. (2018). El software en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. *EduSol, 18*(63). Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475756619014

Chickering, A. y Ehrmann, S. (1996). Implementing the Seven Principles: Technology as Lever. *American Association for Higher Education, 3*(6).

Design Simulation Technologies, Inc. (s.f.). Interactive Physics. https://www.design-simulation.com/IP/spanish/index.php

Diker, G. (2003). *La formación de maestros y profesores: hoja de ruta*. Paidós.

Universidad de Colorado Boulder (s.f.) PhET Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/es/

Vaillant, D. (2009). Formación de profesores de Educación Secundaria: realidades y discursos. *Revista de Educación*, 105-122.

Yasar, O. y Landau, R. (2003). Elements of computational Science and engineering Education. *Society for Industrial and Applied Mathematics, 45*(4), 787-805. DOI: 10.1137/S0036144502408075

Young, H. D. y Freedman, R. A. (2013). *Física universitaria Volumen 1* (Décimo tercera edición). Pearson.

Zamarro, J., Molina, G. y Núñez, M. (2004). Teaching Physics Modelling with Graphic Simulations Tools. HSCI.

* * *

PROPUESTAS DE LA ASOCIACIÓN GLOBAL PARA LA INGENIERÍA DE TRANSICIÓN. IMPLICANCIAS PARA LA FORMACIÓN EN INGENIERÍAS

Duilio Lorenzo Calcagno

Investigador Asistente CONICET, Grupo CLIOPE, UTN FRM; Ayudante de Primera, Asignatura Ingeniería y Sociedad, Departamento de Ciencias Básicas, UTN FRM.
duilio.calcagno@docentes.frm.utn.edu.ar

Resumen: Este trabajo aborda las propuestas de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición y sus consecuencias sobre la formación ingenieril. Para ello, se recurre al enfoque de los imaginarios socio-técnicos como marco teórico conceptual. Asimismo, la metodología se sustenta en el estudio de caso y la técnica fundamental empleada es el análisis documental, aplicada a la página web oficial de dicha Asociación, a publicaciones y conferencias académicas, entrevistas y a otros espacios de difusión. En los resultados, se destaca la originalidad de las propuestas de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición, en tanto ubica la supervivencia humana como un elemento definitivo de la sostenibilidad, marcada por la posibilidad de adaptación de las personas, los colectivos y las civilizaciones. Estas dimensiones también presentan escalas: tiempo, ubicación y relación. Para lograr avanzar en el marco de la sostenibilidad, se propone que las ingenierías trabajen sobre la insostenibilidad, apuntando a proyectos críticos que impliquen un menor gasto energético y material. Y, todo ello, a partir de un impulso ético más que regulatorio o económico. Esta propuesta tiene profundas implicancias educativas, lo que permite inferir propuestas y líneas de investigación para la asignatura Ingeniería y Sociedad de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Las discusiones y conclusiones ubican críticamente el objeto de estudio en el marco de los intereses de la formación de ingenieros en el contexto mendocino y argentino, así como permiten sugerir futuras líneas de trabajo.

Palabras claves: Asociación Global para la Ingeniería de Transición, imaginario socio-técnico, sostenibilidad, ingeniería,

INTRODUCCIÓN

El mundo está atravesando por constantes cambios y las turbulencias parecen ser parte de la cotidianeidad de las sociedades actuales. Las profundas consecuencias de la pandemia de SARS - Covid 19 y las implicancias globales de la invasión rusa en Ucrania son solo dos muestras recientes de esta situación.

Además de los cambios dinámicos propios de una aceleración histórica del tiempo presente, se ha consolidado la tendencia de fomentar transformaciones intencionales con miras a transformar algunos aspectos no deseados de las prácticas socio ambientales y de sus consecuencias. Esto está ocurriendo en distintos subsectores de la vida social con el objetivo de promover un orden más o menos planificado y superador del estado presente, generalmente planteado como una mejora en términos de sostenibilidad. En este sentido, aparece la noción fundamental de transición. Si bien en un sentido instrumental, el concepto denota directamente el paso de un determinado orden a otro, la aplicación del mismo es mucho más problemática, ya que no está exenta de posiciones ideológicas, políticas y económicas diversas y, muchas veces, encontradas.

En este sentido, el presente artículo se propone avanzar en el análisis de la propuesta de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición. La misma surgió para colmar un espacio dentro de esta profesión, tanto en su faz formativa como profesional, a fin de orientar explícitamente los esfuerzos de los ingenieros en pos de la transición hacia la sostenibilidad.

A tal fin, esta investigación se propone responder a la siguiente pregunta ¿De qué forma se entiende la sostenibilidad y la formación y el ejercicio profesional en ingeniería en el marco de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición? Este artículo aporta al análisis en el campo de los estudios sociales de la tecnología y la ingeniería. Más particularmente, el trabajo contribuye al estudio de un caso de las denominadas “ingenierías comprometidas” (Alvear, Cruz y Kleba, 2021), las cuales combinan el activismo o las intervenciones sociales concretas con cambios en la formación ingenieril y en los proyectos tecnológicos. Desde el punto de vista de la aplicación, esta investigación se propone obtener recomendaciones para la asignatura Ingeniería y Sociedad de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica

Nacional, la cual forma parte del currículo de todas las ingenierías que se dictan en dicha casa de estudios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente análisis se realiza a partir de la perspectiva de los imaginarios socio-técnicos (IST). Jasanoff y Kim (2015) entienden este concepto como un conjunto de visiones sostenidas por infraestructuras, prácticas y definiciones más o menos compartidas de la vida social que, a su vez, revelan futuros deseables para una sociedad. En este sentido, las propuestas de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición pueden ser entendidas como parte de un IST.

La metodología aplicada en esta investigación es el estudio de caso. En este sentido, de acuerdo con Campbell y Yin (2017), un estudio de caso permite dar cuenta de aquellas investigaciones en las cuales se abordan preguntas del tipo “cómo” o “por qué”, a la vez que se analizan eventos contemporáneos y sobre los que se tiene poco o nulo control sobre las variables estudiadas. Los objetos estudiados tienen que ver con la difusión por diversos medios de la propuesta de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición. En este sentido, se avanza sobre un abordaje del sitio web de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición (https://www.transitionengineering.org/) así como de libros, capítulos de libro y artículos científicos publicados por Susan Krumdieck, así como por entrevistas y conferencias ofrecidas por ambos ingenieros.

El trabajo se ordena de la siguiente manera. Después de los apartados Introducción, y Materiales y Métodos, se avanza con el abordaje temático según el enfoque de STI en los Resultados. En primer lugar, se analizan los aportes sobre sostenibilidad, para luego pasar al rol de las ingenierías, tanto en su etapa formativa como profesional en función de su aporte en materia de una ingeniería de transición. La Discusión incluye una selección de los aspectos destacados de la GATE que pueden ser considerados para su abordaje crítico en la asignatura Ingeniería y Sociedad de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional. En las Conclusiones se destacan los aportes del artículo a los estudios sociales de la tecnología y la ingeniería y la

posibilidad de adoptar lecciones para la asignatura mencionada. En el mismo apartado, se incluyen líneas de trabajo futuro.

RESULTADOS

Sostenibilidad: definición y problemáticas asociadas

Uno de los principales problemas que se plantean en la actualidad es poder organizar sistemas sociales y económicos que permitan sortear los distintos problemas que pongan en riesgo los estilos de vida conocidos. Particularmente, se pone atención sobre la manera en que las sociedades se relacionan con los distintos recursos naturales que usan para satisfacer sus demandas. Al mismo tiempo, mientras estas preocupaciones se incrementan, también lo hacen las presiones por mejorar las condiciones de vida generales, no solamente en países desarrollados sino, especialmente, en naciones en vías de desarrollo.

Ciertamente, las relaciones que se establecen entre recursos naturales y su aprovechamiento no es homogénea ni sus problemáticas son consideradas de la misma manera por distintas corrientes de académicos, políticos ni por la misma opinión pública. Esto se debe a que las posibilidades de acceso a bienes y servicios son claramente dispares entre países y entre los propios grupos sociales.

Emerge entonces con claridad la cuestión de cómo asegurar un uso tal de los recursos que permita satisfacer las demandas actuales, que además son crecientes, al tiempo que ello no altere sustancialmente las posibilidades de desarrollo social futuro. En este vasto campo, asoman algunos temas especialmente críticos. En primer lugar, los efectos del uso de recursos naturales, particularmente de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón mineral, sobre el cambio climático. Cabe recordar que, estos recursos, no solamente son utilizados para fines estrictamente energéticos, sino también son determinantes para la producción de fertilizantes para usos agrícolas, así como plásticos de todo tipo.

Asimismo, preocupa también la creciente necesidad de otros recursos críticos. Por ejemplo, si se avanza decididamente con el aprovechamiento de energías renovables, será necesario una expansión notable de la extracción de minerales tales como el cobre, el litio y el cobalto, por mencionar solo algunos. Todo ello sumado al uso de minerales para otros fines, fenómeno también en

expansión. En este sentido, no solamente preocupan las consecuencias de la explotación y uso de los recursos, sino también por la finitud de los mismos.

En este contexto se viene discutiendo, cada vez con más fuerza, la cuestión de la sostenibilidad. Desde las políticas públicas hasta las estrategias empresariales, se puede encontrar una miríada de asuntos relacionadas con la misma. Al mismo tiempo, la sostenibilidad se ha transformado en un marco respecto del cual todo es referenciado. Inclusive, y con cada vez más fuerza, las iniciativas de marketing empresarial se sostienen en estos principios (Stoekl, 2021). Durante las últimas décadas ha habido distintos intentos por definir la sostenibilidad, particularmente pensada a partir del paraguas conceptual del desarrollo sostenible. Una de las definiciones que ha tenido más repercusiones hasta el presente ha sido la que propuso la Comisión Bruntland: “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 1987). Otro hito insoslayable ha sido la declaración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (2015), los cuales se han establecido como un marco de referencia fundamental en la materia.

Sin embargo, la propuesta del desarrollo sostenible, por un lado, no ha provocado los resultados esperados (Krumdieck, 2020), en tanto el cambio climático global y la escasez de los recursos naturales disponibles siguen presentándose como mega problemas (Winston, 2014) o problemas complejos (Rittel y Weber, 1973) sin que aparezca un panorama claro acerca de cómo revertir dicha situación. Al mismo tiempo, ha habido un escaso reconocimiento de la importancia del involucramiento ingenieril en la discusión sobre el desarrollo sostenible, a pesar de que se trata de una de las profesiones centrales, sino la principal, que debería estar presente en la reorientación de las tendencias de soluciones tecnológicas respecto del uso de los recursos naturales (UNESCO, 2021). Finalmente, no hay evidencia de que el desarrollo sostenible como tema tampoco haya estado presente de manera significativa en los programas de formación de las carreras de ingeniería (Krumdieck, 2013, 2020 y 2022).

Breve historia de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición

A principios de los años 2000 en Nueva Zelanda fue lanzado el concepto Ingeniería de Transición, especialmente en el contexto del Laboratorio de Avanzada de Sistemas de Energía y Materiales (AEMSLab, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Canterbury, en Nueva Zelanda. En 2010, empezó la idea de establecer una organización profesional en la materia (GATE, 2022). En 2014 se formó oficialmente la Asociación Global para la Ingeniería de Transición (GATE, por sus siglas en inglés) con la participación de miembros de Estados Unidos, Reino Unido, Nueva Zelanda, entre otros países. En 2016, la GATE fue registrada como una *charity* en Inglaterra.

La propuesta de la GATE partió de la convergencia entre ingenieros profesionales que buscaron enfoques de mayor impacto en materia de sostenibilidad con académicos interesados en metodologías que pudieran dar cuenta de la complejidad del cambio requerido para enfrentar riegos y temas en torno a la no sostenibilidad.

Entre los principales académicos que impulsaron la GATE se encuentra, en primer lugar, Susan Krumdieck, quien aparece en prácticamente todas las referencias bibliográficas sobre el tema, además de ser la principal difusora de las propuestas de la GATE en su canal personal de Youtube, en podcasts, etc. Otra figura destacada de la GATE ha sido Daniel Kenning, quien tiene una presencia mucho más marcada en el sector privado y ofrece servicios de ingeniería de transición mediante su empresa *Splendid Engineering* (Ingeniería Espléndida).

Principales núcleos temáticos propuestos por la GATE

Tradicionalmente, muchos trabajos en ciencias sociales incluyen una definición de los propios conceptos con los que se trabaja, tanto a nivel de marco teórico como de respecto del propio objeto de estudio si se trata de un análisis conceptual. En este caso, se debe remarcar que la GATE ha propuesto, desde un principio, avanzar en la definición de los temas críticos en torno a la sostenibilidad, ya que, en su perspectiva, desde un enfoque ingenieril resulta esencial la definición del problema para poder actuar en consecuencia (Krumdieck, 2013a). Más aún, la percepción desde la GATE es que la falta de una visión unificada ha impedido alcanzar avances

sustanciales en la mayor parte de los campos de intervención ingenieriles en materia de sostenibilidad.

Es desde este enfoque que la difusión de las propuestas de la GATE ha estado sostenida por un importante esfuerzo de definiciones rigurosas como base para la acción, ya que en (Krumdieck, 2013b). La Ingeniería de Transición, tal y como lo entiende la GATE, parte de clarificar una definición de sostenibilidad. Para Krumdieck (2013a), la sostenibilidad se define de forma auto evidente en tanto supervivencia y esta se presenta como una situación binaria: o se sobrevive o no. La autora propone una “ley de la supervivencia” como punto de partida para explicar una “teoría del espectro de supervivencia” (2013a). Esto quiere decir que la supervivencia tiene manifestaciones diversas, ya sea que se ponga el acento sobre el individuo, organizaciones o civilizaciones enteras, lo que constituye las escalas de relación.

Por otro lado, existen también escalas de tiempo, las cuales van de un día o algunos días, pasando por la escala de vida humana y varias generaciones hasta la continuidad a través de distintas edades históricas. Finalmente, la teoría del espectro de supervivencia también admite escalas espaciales, lo que implica distinguir entre lo local-inmediato, lo territorial-regional y lo global.

El espectro de supervivencia se expande, entonces, desde una seguridad más inmediata (safety), una seguridad más extendida (*security*) y, finalmente, en la sostenibilidad como máxima expresión en todas las escalas mencionadas.

En este punto, se puede afirmar que el rol de la ingeniería, especialmente de la ingeniería de transición, no se trata de trabajar por la sostenibilidad, sino de disminuir y eliminar los riesgos de la insostenibilidad, esto eso, aquello que afecte la supervivencia (Krumdieck, 2022). Esta entendida, temporalmente, como el continuo de largo plazo, espacialmente según el alcance global y relacionalmente en tanto abarca el nivel civilizatorio y de la especie humana.

En este sentido, las distintas ramas de las ingenierías han contribuido a mejorar sustancialmente las condiciones de adaptabilidad y, por lo tanto, de supervivencia, de consumidores y mercados de alcance más restringido. Baste citar los desarrollos comunicacionales, energéticos, computacionales, médicos, entre muchos otros. Sin embargo, estas transformaciones tecnológicas

han afectado las escalas mayores en términos de supervivencia como son definidas por la GATE, en cuanto las implicancias socio ambientales de largo plazo y de alcance global y las consecuencias negativas sobre poblaciones no alcanzadas por los progresos. Es necesario también aclarar que las ingenierías han dado muchísimas respuestas en materia de innovación y desarrollo sobre energías y tecnologías verdes. Sin embargo, la propuesta de la ingeniería de transición afirma que esto no es suficiente y que es perentorio cambiar la manera en que consumimos recursos materiales de distinto tipo. Caso contrario, la supervivencia civilizatoria se verá amenazada por la falla de los sistemas dependientes del crecimiento continuo. De todas formas, una transición de esta magnitud, que puede ser concebida también desde el enfoque conceptual del decrecimiento (Hickel, 2020) tendrá enormes implicancias por los valores políticos, económicos y sociales involucrados.

Se presenta aquí uno de los puntos considerados más interesantes de la propuesta de la GATE. Desde el imaginario propuesto, se otorga a las ingenierías un rol central como impulsoras de la transición a partir de motivaciones éticas. En distintas publicaciones, se hacen hincapié en que la transición no se sostendrá en incentivos políticos o económicos (Krumdieck, 2013a y b), sino que partirá de una iniciativa ética de la propia práctica de la ingeniería. Este imaginario incluye también, como toda propuesta imaginaria socio-técnica, una visión de pasado (Eaton, Gasteyer y Busch, 2014). En el caso de la GATE, el pasado sirve como fuente de ejemplos de otras oportunidades en las cuales las ingenierías fueron aprovechadas para mejorar la sostenibilidad (en el sentido de la supervivencia). También en varias publicaciones, se hace referencia al ejemplo de la ingeniería de seguridad (*safety* engineering), la cual se presenta como la quintaesencia de lo que se debe conseguir cuando se habla de ingeniería de transición.

La referencia histórica se ubica en 1911, cuando un incendio en una fábrica textil *Triangle Shirtwaist Factory* de Nueva York se cobró la vida de casi 150 trabajadores. Prácticamente, fallaron todas las medidas de seguridad ante el siniestro, lo cual provocó un escándalo en la sociedad de la época.

Ante esta situación, ese mismo año un grupo de ingenieros dio lugar a una sociedad que prontamente se transformó en la Sociedad

Americana de Ingeniería de Seguridad. Esta organización marcó un gran impulso para la investigación y desarrollo en materia de tecnología aplicada a la seguridad, especialmente de obreros. De la seguridad aplicada al trabajo industrial se pasó a los entornos del uso de maquinaria pesada y de transporte. De acuerdo con Krumdieck (2013a), el impulso dado desde la ingeniería de seguridad a la miríada de desarrollos en esta materia estuvo basado en un principio moral, más que político o económico. Prevenir accidentes “es lo que hay que hacer”, en términos de esta ingeniera.

El ejemplo del surgimiento de la ingeniería de seguridad y los alcances de la misma, resulta central en el imaginario que sostiene la propuesta de la GATE. Varias son las lecciones tomadas de esta experiencia. Se presentan a continuación algunas entre las más representativas. Estas son las bases conceptuales, éticas y técnicas a partir de las cuales se completa la formulación de la ingeniería de transición.

En primer lugar, una lección fundamental del surgimiento de la ingeniería en seguridad fue que la misma apareció como respuesta ante el clamor popular frente a una tragedia que podría haberse evitado. Además, las transformaciones en materia de seguridad no se produjeron por incentivos políticos o económicos y, por lo tanto, antecedieron a las regulaciones específicas (Krumdieck, 2016). Finalmente, se debe destacar que los alcances de la ingeniería de seguridad se difundieron de tal manera que pasaron a formar parte de la práctica cotidiana en la ingeniería y a ser adoptados socialmente.

A partir de este ejemplo histórico, se construye la percepción de las opciones y posibilidades que brinda la ingeniería de transición, la cual no es sino una extensión y versión más compleja de la ingeniería de seguridad en las tres escalas mencionadas anteriormente (Krumdieck, 2013a). Esto quiere decir que la ingeniería de transición debe enfocarse en la evitar la insostenibilidad, pero no ya para prevenir los efectos negativos en la escala individual, local e inmediata, como pudo hacer la ingeniería de seguridad. En esta ocasión, se trata de impulsar exitosamente la ingeniería de transición, se deben usar los mismos principios para enfrentar la sostenibilidad civilizatoria, continua y global.

En palabras de la propia Krumdieck (2013b), la ingeniería de transición se trata de la investigación, el modelado, el desarrollo y la aplicación de conocimiento para llevar adelante cambios en los sistemas ingenieriles en orden a mejorar las chances de supervivencia. Es evidente que ello implica cambios en la manera en que se concibe tradicionalmente el trabajo y la formación ingenieril. Una propuesta de ingeniería de transición implica mucho más que la planificación de proyectos tecnológicos específicos. Se impone la necesidad de trabajar con los distintos niveles de gobierno y diversos sectores comunitarios para mejorar el entendimiento y el conocimiento sobre los problemas concretos y, a partir de allí, basar y promover las transformaciones. Es importante remarcar que la ingeniería de transición como la entiende la GATE, implica un importante desafío en materia de gestión de la comunicación de los distintos actores, así como de los cambios de actitudes y expectativas de los patrones de comportamiento actuales.

Es claro que existen ejemplos actuales de iniciativas donde se aplica la lógica de la ingeniería de transición, aun cuando no se lo haga de forma sistemática o bajo el programa de la GATE. Un caso en donde se ha aplicado una lógica análoga es en el abordaje de ingeniería ambiental para la gestión del río Rin (Krumdieck, 2013b).

Para clarificar la propuesta, Krumdieck (2020) avanza en una clasificación de los sub proyectos o etapas necesarios para proceder según la propuesta de la ingeniería de transición, de acuerdo con la experiencia histórica de la ingeniería de seguridad.

En síntesis, estas etapas incluyen la identificación de tendencias pasadas (1) como base de una situación presente (2) que, de seguir determinados escenarios futuros no aceptables por sus implicancias insostenibles (3). Aparece allí la importancia del enunciado de conceptos que rompan con las tendencias insostenibles (4), lo que incluye ideas clave, desarrollos tecnológicos, etc. Ello lleva a realizar un estudio retrospectivo (5) acerca de qué se podría realizar de manera diferente y qué medidas podrían reducir riesgos de manera más eficiente. En el caso de la ingeniería de seguridad, la situación disparadora (6) que impulsó la transición fue el desastre de la *Triangle Shirtwaist Factory*. Esta última instancia puede o no estar presente y, si bien suele tener la potencialidad para acelerar las transformaciones. Finalmente,

aparecen las transformaciones legales y económicas, los entrenamientos específicos y el equipamiento que permiten mejorar la seguridad.

DISCUSIÓN

Hasta este punto, el trabajo abordó las propuestas de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición. La metodología para abordar un objeto de estudio único fue correcta y permitió responde la presunta de investigación. Temporalmente, el caso forma parte de la historia reciente, e, inclusive sigue desarrollándose, ya que la GATE continúa produciendo material y expandiendo sus intervenciones públicas. La investigación está orientada por una pregunta del tipo “por qué” o “cómo”, en tanto sigue un enfoque descriptivo del fenómeno. Por otro lado, este tipo de estudios no permite ningún control sobre las variables, por lo cual también se comprueba la pertinencia de la metodología aplicada. La técnica de análisis documental de diversas fuentes resultó, asimismo, apropiada.

En cuanto a los Resultados de la investigación, se pudo poner en relieve la originalidad de las propuestas de la Asociación Global para la Ingeniería de Transición. La supervivencia humana como criterio último de análisis otorga a los desarrollos de la GATE una base sólida para el análisis y la intervención, si bien dicha decisión conceptual no está exenta de críticas y aportes desde otras perspectivas. Es importante también traer a colación nuevamente que la supervivencia es entendida mediante la teoría del espectro de supervivencia, lo cual permite considerar diversas escalas y alcances en los análisis y las propias intervenciones y proyectos en ingeniería.

A partir de estas consideraciones, la GATE impulsa que las ingenierías trabajen sobre la insostenibilidad, apuntando a proyectos críticos que impliquen un menor gasto energético y material. Es notable el llamamiento a hacerlo desde un impulso ético más que a partir de incentivos regulatorios o económicos, lo cual le da una importante dosis de originalidad a la visión de la GATE. La manera de encarar la respuesta de las ingenierías ante la transición sostenible tiene claras consecuencias educativas, en tanto la formación universitaria se establece como un ámbito clave en el cual trabajar esta manera de encarar el ejercicio de la

ingeniería. A continuación, se mencionan algunas áreas de recomendación para y líneas de investigación para la asignatura Ingeniería y Sociedad de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina.

A partir del repaso general sobre las propuestas de la GATE, se procede aquí a considerar algunos de los posibles aportes de la misma respecto de la formación ingenieril, lo cual inclusive entra específicamente entre sus propósitos, según se ha mostrado anteriormente. En el caso particular de las ingenierías que dictan en la Universidad Tecnológica Nacional, y en el marco de las nuevas ordenanzas que establecen modificaciones en los planes de estudio, las ciencias sociales tienen un lugar relevante. Particularmente, en cuanto a la malla curricular, comparten con Economía y Legislación la sub área de ciencias sociales (aunque en algunas ingenierías esta última no está presente). Todas estas disciplinas están presentes en el bloque Ciencias y Tecnologías Complementarias.

En este sentido, cabe mencionar que la reflexión sobre las contribuciones de la GATE a Ingería y Sociedad adquiere un valor adicional, dadas las recientes modificaciones en los objetivos y algunos de los contenidos mínimos requeridos para esta asignatura. En este caso en particular, el análisis y síntesis se refieren a la asignatura de la Facultad Regional Mendoza: A) En primer lugar, se debe destacar la importancia que tiene de la búsqueda de claridad conceptual por parte de la GATE, especialmente en materia de sostenibilidad e insostenibilidad. Estos son contenidos centrales en la formación de prácticamente todas las carreras universitarias y se están difundiendo cada vez más en las ingenierías. Además, durante el ejercicio de la profesión, los futuros ingenieros se encontrarán en una variedad de contextos en los cuales deberán manejar temas, procedimientos y prácticas sobre sostenibilidad. La GATE ofrece una definición clara del camino que debe seguir un ingeniero; B) En segundo lugar, la GATE ha realizado un valioso aporte en materia de ética profesional de los ingenieros. Si bien es cierto que la noción del llamado a la acción a partir de motivaciones estrictamente éticas, más allá de los incentivos económicos y regulatorios podría interpretarse como una visión reduccionista, la contextualización de la propuesta respecto de la transición sostenible la consigue justificar correctamente; C) Además, se debe

resaltar que la GATE sugiere una versión del rol profesional del ingeniero que tiene un involucramiento mucho mayor con actores sociales y autoridades de distinto tipo. Esto se debe a que la transición propuesta necesariamente deberá contar con una reorientación de las prioridades y de las prácticas sociales, así como estar sostenida en acuerdos y consensos; y D) Metodológicamente, los desarrollos de la GATE se basan en la búsqueda de lecciones en proyectos pasados. La reacción de un grupo de ingenieros ante el terrible incendio en la *Triangle Shirtwaist Factory* en Nueva York es considera como un proceso señero a ser estudiado y del cual se pueden derivar principios generales de máximo interés. Este aspecto también es digno de señalar, en cuanto pone de relieve la importancia del estudio del pasado de la ingeniería como profesión.

CONCLUSIONES

El presente es un análisis original de la GATE a partir de una descripción de sus principales características en tanto forman parte de un imaginario socio-técnico. En este sentido, no existen antecedentes de un trabajo de este tipo, por lo cual resulta propicio para los estudios social de la tecnología y la ingeniería, particularmente en idioma español. A nivel metodológico, se destaca que todos los materiales identificados rastreados fueron encontrados y se señala que existe un caudal mayor de fuentes susceptibles de será analizado a fin de profundizar y encontrar nuevos aspectos a ser analizados.

Los hallazgos son relevantes también en función de la posibilidad de aplicar el enfoque profesional, ético, conceptual y metodológico de la GATE a la asignatura Ingeniería y Sociedad de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional. Cabe aclarar que, en el caso de tomar esta sugerencia, no será necesario aceptar acríticamente el contenido de cada uno de los apartados señalados en la Discusión. Se podría seleccionar algunos de los puntos y agregarles la propia perspectiva, sobre todo en función de adoptar una mirada ubicada en un contexto del Sur Global respecto de temas como el desarrollo, la sostenibilidad, el trabajo, la percepción de la formación y el ejercicio profesional en ingeniería, entre otros puntos.

A partir de la discusión y las conclusiones, se presentan dos líneas de investigación futuras. En primer lugar, se propone avanzar en estudios comparativos que ubiquen adecuadamente la experiencia y el contenido de la GATE entre experiencias comparables en el Sur Global, así como en países en desarrollo para buscar semejanzas y diferencias con la intención de enriquecer el panorama en este sentido. Por otro lado, se sugiere avanzar en el análisis y la síntesis de casos en los que se haya aplicado la perspectiva de la GATE, tanto en estudios sobre iniciativas concretas de transición aplicadas a distintos sectores como a experiencias educativas concretas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece en este apartado al Departamento de Materias Básicas de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional por haber financiado la participación del autor en el Séptimo Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería: ECEFI 2022. Asimismo, se reconoce a los contribuyentes argentinos quienes, por medio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, financian actividades de investigación como la que se presenta aquí

REFERENCIAS

Alvear, C., Cruz, C. y Kleba, J. (2021). *Engenharias e Outras Práticas e Técnicas Engajadas Vol.* 3. EDUEPB.

GATE. www.transitionengineering.com. 2022.

Eaton, W., Gasteyer, S. y Busch, L. (2014). Bioenergy Futures: Framing Sociotechnical Imaginaries in Local Places. *Rural Sociology*, *79*(2), 227-256.

Hickel, J. (2020). “What does degrowth mean? A few points of clarification” en *Globalizations*, *18*(7), 1105-1111,

Kim, S. y Jassanoff, S. (2015). *Dreamscapes of Modernity. Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power*. The University of Chicago Press.

Krumdieck, S. (2013a). Transition engineering: adaptation of complex systems for survival. *Int. J. Sustainable Development*, *16*(3/4), 310 – 321.

Krumdieck, S. (2013b). Transition Engineering: Planning and Building the Sustainable World. *The Futurist*, Julio – agosto.

Krumdieck, S. (2016). Transition engineering: Change projects for the energy transition. *Energy Solutions to Combat Global Warming*, 647-706.

Krumdieck, S. (2020). *Transition Engineering. Building a sustainable future*. CRC Press.

Krumdieck, S. (2022). Survival is the driver for adaptation: safety engineering changed the future, security engineering prevented disasters and transition engineering navigates the pathway to the climate-safe future. *Physical Sciences Reviews*.

Naciones Unidas. (1987). *World Commission on Environment and Development (1987) Our Common Future*. Oxford University Press.

Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Acceso disponible: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Rittel, H. y Weber, M. (1973). Dilemmas in general theory of planning. *Policy Sciences*, *4*(2), 155-169.

Stoekl, A. (2021). *The Three Sustainabilities. Energy, Economy, Time*. The University of Minnesota Press.

Winston, (2014). *The Big Pivot: Radically practical strategies for a warming world*. Harvard Business Review Press.

Yin, R. (2017). *Case Study Research and Applications. Design and Methods*. Sage Publishing.

* * *

APORTES PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES LECTORAS EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

María Eugenia Panella[1]; Sandra Segura[1]; Marisel Joffrés[1]

[1] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.
nenpanella@gmail.com

Resumen: El propósito de este trabajo es mostrar los aportes que algunas investigaciones educativo-cognitivas hacen respecto al desarrollo de habilidades lectoras en estudiantes universitarios. En Mendoza, las evaluaciones de calidad de la educación, ponen en evidencia las dificultades de los alumnos para desenvolverse competentemente, tanto en su tránsito por los diferentes niveles del sistema educativo, como en el mundo del trabajo. Es decir, la distancia entre la formación recibida por los egresados del nivel inmediato anterior y la requerida para el ingreso y permanencia en el nivel superior se ha ido progresivamente ensanchando. Por esta razón, se plantea la necesidad de implementar acciones de articulación entre el nivel medio y superior, optando por trabajar a partir del desarrollo de competencias. La lectura es una actividad vinculada a la interpretación de textos de cualquier tipo y naturaleza. Interpretar un texto implica una búsqueda: entender qué nos dice. De allí la importancia de este trabajo de aspecto teórico, que pretende poner a disposición del medio universitario ingenieril una búsqueda y análisis de investigaciones que contribuyan a un marco teórico sobre el desarrollo de habilidades lectoras en estudiantes universitarios, con el fin de brindar, a los docentes, herramientas para repensar los procesos de lectura desarrollando habilidades comunicativas y lectoras en todos los niveles de complejidad.

Palabras claves: habilidades lectoras, ingeniería, competencias, interpretación

INTRODUCCIÓN

Leer con comprensión y escribir con efectividad comunicativa son dos condiciones centrales en la adquisición efectiva del

conocimiento del estudiante que ingresa a estudiar ingeniería. Por ello es que su eficacia dependerá de su capacidad de aprendizaje durante todo el proceso educativo. Lograr una buena comprensión lectora requiere la interacción de desarrollos mentales para construir significados, situar ideas y extraer razones. Esto sólo es posible si se tiene una motivación hacia la lectura, y conseguir esta motivación en los estudiantes no es tarea fácil ya que requiere preparar de manera consciente el proceso. Como en todo trabajo de investigación, se comienza estudiando y analizando documentación científica pertinente, es por ello que en esta presentación mostramos esa búsqueda y su interpretación.

Competencias de ingreso a la Universidad

En los operativos de evaluación provinciales y nacionales, las evaluaciones de calidad de la educación ponen en evidencia las dificultades de los alumnos para desenvolverse competentemente, en su tránsito por los diferentes niveles del sistema educativo.

La educación en el nivel medio debe proveer los saberes y el saber hacer que sirva de soporte indispensable para no presentar dificultades en los estudios superiores.

Según la SPU (2009), las características de la Educación Superior requieren que quien inicia una carrera universitaria deba poseer el dominio de una serie de competencias básicas entre las cuales cumple un papel muy importante el manejo de las formas más complejas del lenguaje. De aquí la importancia de que la formación de los estudiantes en el nivel medio desarrolle competencias generales como: creatividad, interés por aprender, pensamiento crítico (capacidad de pensar con juicio propio) habilidad comunicacional, capacidad para resolver situaciones problemáticas, tomar decisiones, adaptarse a los cambios y trabajar en equipo, poseer pensamiento lógico y formal. (pág. 1)

Tal como expresa Zalba et al (2005), la distancia entre la formación recibida por los egresados del nivel inmediato anterior y la requerida para el ingreso y permanencia en el nivel superior se ha ido progresivamente ensanchando. Como resultado de esta “fisura”, los cursos de nivelación, que se desarrollan como instancias previas al ingreso a la Universidad, dada su duración acotada, en su mayoría no logran verdaderamente compensar la formación básica requerida para un correcto desempeño en la educación superior

(pág.105). Por esta razón, se plantea la necesidad de implementar acciones de articulación entre el nivel medio y superior, optando por trabajar a partir del desarrollo de competencias. El CONFEDI (2014) define competencia como “La capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”. Esta definición señala que las competencias:

- aluden a capacidades complejas e integradas,
- están relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental),
- se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional),
- están referidas al contexto profesional (entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer),
- están referidas al desempeño profesional que se pretende (entendido como la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido),
- permiten incorporar la ética y los valores. (págs. 16-17)

Diversas investigaciones educativo-cognitivas realizadas, así como la experiencia pedagógica acumulada en la práctica docente, llevan a reconocer diversos tipos de competencias. Se consideran las competencias genéricas que incluyen las competencias básicas y las competencias transversales y también las competencias específicas (Zalba et al. 2005, pág. 114). En el documento SPU (2009), se definen las Competencias Básicas, como aquellas necesarias para el ingreso a la universidad, están referidas a los conocimientos, procedimientos, destrezas y actitudes fundamentales para el desarrollo de otros aprendizajes, considerando:

- Comprender y/o interpretar un texto, elaborar síntesis, capacidad oral y escrita de transferirlo.
- Producción de textos.
- Interpretar y resolver situaciones problemáticas.

Las Competencias Transversales están referidas a la capacidad de los estudiantes para regular sus propios aprendizajes, aprender solos y en grupo, y resolver las dificultades a que se ven enfrentados durante el transcurso del proceso de aprendizaje. Las Competencias específicas remiten a un conjunto de capacidades relacionadas entre sí, que permiten desempeños satisfactorios en el estudio de las carreras (pág. 4).
El escaso manejo de estas competencias, en general, se manifiesta en que el estudiante carece de algunas condiciones fundamentales para desempeñarse eficazmente en la universidad y, en consecuencia, en el mundo laboral. De aquí la importancia de este trabajo, en el que se analizan estudios que abordan las dificultades de los alumnos ingresantes a la universidad referidas a la competencia básica de ingreso asociada a la comprensión y/o interpretación de un texto.

La Comprensión Lectora como competencia

La lectura es una actividad vinculada a la interpretación de textos de cualquier tipo y naturaleza. Interpretar un texto implica una búsqueda: entender qué nos dice. A medida que el lector va entendiendo el texto, elabora una representación mental de su contenido. Esta representación mental puede "traducirse" en una segunda representación verbal oral o escrita (resumen, síntesis) o gráfico-verbal (gráficos, diagramas, etc.), incluso puramente icónica (dibujo), en la que queda 'documentada' la interpretación. Sin embargo, la mayoría de las lecturas no quedan registradas, lo que le confiere al acto de leer un carácter de efímero y fugaz. (Zalba et al. 2005, pág. 117)
Según el SPU (2009) se denomina comprensión lectora a la competencia que desarrollan los sujetos en relación con las buenas prácticas de lectura. La comprensión lectora, por lo tanto, no es una técnica sino un proceso transaccional entre el texto y el lector, que involucra operaciones cognitivas y un complejo conjunto de conocimientos. Se aprende a interpretar textos pertenecientes a un determinado discurso, organizados según un género y formateados en un tipo de soporte. Por lo tanto, la comprensión lectora supone un conjunto de saberes (discursivos, enciclopédicos, lingüísticos, semióticos) y saber-haceres, es decir, procedimientos que implican

operaciones cognitivas de diferente nivel de complejidad, fuertemente vinculadas con la elaboración de inferencias (pág. 6).
En la comprensión lectora se distinguen diferentes fases que los estudiantes deberían ir logrando en cuanto vayan adquiriendo ciertas habilidades que pueden ser evidenciadas a partir de los indicadores de logro que se enuncian a continuación:

FASE I: Lectura Exploratoria
Indicadores de logro:

a) Decodifica correctamente palabras y signos gráficos.
b) Relaciona el texto con los datos del contexto de producción
   b.1) Identifica la instancia productora.
   b.2) Ubica correctamente los datos de edición del texto (libro o periódico de donde se extrajo; lugar y fecha de publicación; otros datos relevantes).
c) Relaciona los propios conocimientos (enciclopedia "personal") con el contenido del texto (enciclopedia que exige el texto), a partir del relevamiento de marcas instruccionales (nombres propios de personas, de lugares, de obras, de películas, etc.; fechas, acontecimientos históricos, políticos o sociales relevantes). y/o
d) Busca, en las fuentes pertinentes, la información que le permite interactuar con la enciclopedia que exige el texto: referencias a nombres propios de personas, de lugares, de obras, de películas, etc.; fechas, acontecimientos históricos, políticos o sociales relevantes.
e) Reconoce las funciones y los sentidos del paratexto en relación con la información que provee el texto (ilustrar, ejemplificar, sintetizar información, presentar análisis, organizar ideas, etcétera).

FASE II: Lectura Analítica
Indicadores de logro:

a) Interpreta adecuadamente el sentido de las palabras del texto, de acuerdo con el contexto verbal (contexto) y el contexto de producción.
b) Reconoce toda la información explícita e infiere las principales informaciones implícitas.

c) Postula el/los ejes/s temático/s articulador/es consistente/s, de acuerdo con el/los temas propuestos.
d) Distingue la modalidad discursiva predominante en el texto (argumentación, descripción, narración, explicación), indicando sus características distintivas.
e) Establece las ideas principales y detecta las palabras clave.
f) Analiza el aporte de los párrafos –u otras unidades textuales- al eje temático (o a cada eje) propuesto/s, según su función discursiva (introducir, ilustrar, plantear el problema, indicar antecedentes, establecer causas, definir, etc.).
g) Segmenta en forma pertinente los bloques informativos, teniendo en cuenta tanto el eje temático articulador propuesto como la modalidad discursiva predominante.
h) Distingue entre hechos y opiniones.
i) Reconoce argumentaciones y falacias.
j) Compara las ideas y conceptos del texto, estableciendo su relación y jerarquía, pudiendo discriminar la información nuclear de la periférica, acorde con el plan textual (argumentación, narración, descripción, explicación).
k) Comprende las representaciones gráficas (mapas, infografía, cuadros estadísticos)
l) Verifica, modifica o rechaza las hipótesis que fue formulando.
m) Construye una interpretación a medida que elabora y verifica las predicciones.

FASE III: Representación de la información
Indicadores de logro:
a) Elabora una representación gráfico-verbal adecuada a la organización discursiva presente en el texto y a la jerarquización de la información realizada
b) Elabora un resumen o una síntesis pertinentes, respetando la organización discursiva presente en el texto y la jerarquización de la información.

FASE IV: Verificación de la comprensión
Indicadores de logro:
a) Aclara las posibles dudas que hayan surgido.
b) Controla la coherencia de lo comprendido con la temática textual

FASE V: Lectura analítico crítica
Indicadores de logro:

a) Analiza el texto en función de su relación con otros textos, de su ubicación intertextual y de la situación comunicativa
b) Valida datos
c) Contrasta tesis, hipótesis, ideas.
d) Extrae conclusiones sobre la ubicación del texto en el contexto de su producción

Así, y en vista de lo anteriormente citado, la lectura como competencia hace que las instituciones educativas asuman nuevos retos, y esos retos van a exigir, en la actual sociedad del conocimiento, lectores capaces de responder a los mismos.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la Comprensión Lectora

Se observa, según algunas experiencias, que los jóvenes de hoy presentan cierta indiferencia por la lectura, contrariamente a su gran interés por las tecnologías de la información y la comunicación.

En la actualidad, los diversos avances en las TIC se han integrado en casi todos los escenarios de nuestra sociedad y la lectura también ha experimentado este impacto. Como apoyo pedagógico las TIC no se limitan a emitir información; sino que influyen en los procesos de enseñanza-aprendizaje, especialmente en la comprensión lectora. En este sentido, Domínguez (2009) plantea que

> … las herramientas tecnológicas deben emplearse para permitir que los estudiantes comuniquen e intercambien ideas, construyan conocimiento en forma gradual, resuelvan problemas, mejoren su capacidad de argumentación oral y escrita y creen representaciones no lingüísticas de lo que han aprendido. Este enfoque del uso de las tecnologías ayuda a los profesores a medir el nivel de comprensión de los estudiantes y además apoya a los discentes a dirigir su propio aprendizaje. (pág. 149).

Para que esto sea posible, se deber tener en cuenta, como establece M. Maggio (2012) que:

> Las tecnologías marcan desde una perspectiva cognitiva a los sujetos culturales que son nuestros alumnos y desde una perspectiva epistemológica, a las disciplinas que enseñamos. Si estas marcas no son recuperadas y dan lugar a prácticas de la enseñanza revisadas, diferentes y recreadas, entonces seguramente estaremos generando una didáctica de escaso valor para nuestros alumnos y para lo que es el conocimiento en la contemporaneidad. (pág. 19)

Manuel Castells, 1997, citado por M. Maggio (2012, p. 19) expresa "si como docentes somos capaces de reconocer que vivimos en la era de la información, las prácticas de la enseñanza ya no pueden ser lo que fueron y debemos abocarnos a su recreación y, por lo tanto, a la reinvención del campo de la tecnología educativa".
En concordancia con esta idea, Henao (2006) sostiene que cuando el docente busca la manera más pertinente de motivar a sus estudiantes para el logro de sus objetivos en la asignatura, se originan en el proceso cambios significativos que facilitan la aprehensión del conocimiento, la disposición para el aprendizaje y el interés en su autoeficacia en el rendimiento académico (pág. 80).
Por todo lo expuesto, se considera que utilizar los recursos tecnológicos puede resultar muy provechoso para incentivar al estudiante en la lectura y, en consecuencia, mejorar sus niveles de comprensión lectora. Solé (1998), define a la comprensión lectora como "el proceso en el que la lectura es significativa para las personas" (p.37), y plantea además que esto solo puede hacerlo mediante una lectura individual, y que la misma, le permita detenerse, pensar, recapitular, relacionar la información nueva con el conocimiento previo que posee. Es así, como las TIC pueden resultar un mecanismo válido para facilitar ese proceso, ya que propicia ir un paso más allá de la lectura instrumental, mediante los textos hipermedias y la creación de nuevas estrategias, que involucren tanto el tiempo asincrónico como el sincrónico. López (2010, p.6). Bajo esta concepción, Solé (2006, p.77-142), plantea que para llevar a cabo de manera eficaz los procesos ligados a la

comprensión lectora, hay que desarrollar y trabajar diferentes estrategias que corresponden a los tres subprocesos de la lectura (antes, durante y después de la lectura): Antes de iniciar la lectura, las actividades recomendadas son aquellas que permiten al lector activar sus conocimientos previos y descubrir el tipo y finalidad del discurso. Durante la lectura, se diseñan aquellas que sirvan para reconocer las diferentes estructuras textuales, elaborar y controlar el proceso lector. Después de la lectura, las actividades planificadas tendrán que servir para que el lector evalúe su nivel de comprensión alcanzado, corregir errores, confeccionar una representación del texto escrito y ampliar el conocimiento obtenido mediante la lectura. Dado el gusto de los estudiantes por el uso de las herramientas tecnológicas es que se supone que las propuestas mediadas por TIC, despertarán en los estudiantes interés por la lectura, generando en ellos el fortalecimiento de la comprensión lectora y permitiéndoles obtener un avance significativo a través de un trabajo autónomo.

CONCLUSIONES

Los aportes teóricos compartidos muestran que el desarrollo de las competencias, de acuerdo con los alcances previstos en sus indicadores de logro, permitirán a los estudiantes poder transitar con éxito los primeros años de estudio y ciclos básicos, hasta alcanzar el perfil de egreso previsto por cada carrera. El logro de las competencias propuestas es indispensable para alcanzar la meta que todo joven se propone al ingresar a la universidad: recibirse.

De aquí la importancia del desarrollo de la comprensión lectora como mecanismo para acceder al conocimiento, y la necesidad de nuevos constructos de comprensión de lectura en los que las tecnologías de la información y la comunicación aportan notablemente como herramientas de gran potencial para el desarrollo de esta competencia. Queda un camino a recorrer, en el cual el objetivo es generar herramientas tecnológicas intervenidas por los docentes, teniendo en cuenta la población, la muestra, el contexto y los recursos existentes.

REFERENCIAS

CONFEDI. CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA DE ARGENTINA (2016). En Lerena, R. (Compilador), *Competencias y perfil del ingeniero Iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación*. ASIBEI.

Domínguez, E. (2009). Las TIC como apoyo al desarrollo de los procesos de pensamiento y la construcción activa de conocimientos. *Zona Próxima,* 10, 146-155. Disponible en https://www.redalyc.org/pdf/853/85312281010.pdf

Henao, O. (2006). Evidencias de la investigación sobre el impacto de las tecnologías de información y comunicación en la enseñanza de la lecto-escritura. *Revista Educación y Pedagogía, 18* (44), 73-87.

Maggio, M. (2012). Cap. 3: Tecnología educativa con sentido didáctico. *Enriquecer la enseñanza: los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad*. (pp. 51-70). Paidós.

Maggio, M. (2012). Cap. 5: Ambientes de alta disposición tecnológica. *Enriquecer la enseñanza: los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad*. (pp. 87-107). Paidós.

Secretaria de Políticas Universitarias (2009). *Documento sobre Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios*. S/D Disponible en https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/CompetenciasIngreso-DocumentoConsolidado.pdf

Solé, I. (2006). *Estrategias de lectura* (16ªEd.). Graó.

Zalba, E.; Gómez de Erice, M.; Alfonso, V; Deamici, C.; Erice, X.; Gutiérrez, N.; Irustia, E.; Lacon, N.; Matilla, M.; Moreno, A.; Moretti, C.; Musso, S.; Ortega, S.; Pacheco, N.; Repetto, A. & Sayavedra, C. (2005). *Competencias para el ingreso y permanencia en la universidad: una propuesta para la articulación curricular entre el nivel superior y el nivel medio de enseñanza: la experiencia de la Universidad Nacional de Cuyo.* Disponible en https://cinda.cl/wp-content/uploads/2019/01/curriculo-universitario-basado-en-competencias.pdf

* * *

COMPRENSIÓN DE TEXTOS DE FÍSICA: IMÁGENES SECUENCIADAS Y CÓDIGO VERBAL PARA FACILITARLA

M. Cecilia Pocoví[1]; Liliana Ledesma[2]; Marta Pesa[3]

[1] Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5150, CP 4400, Salta, Argentina.
[2] Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5150, CP 4400, Salta, Argentina.
[3] Universidad Tecnológica Nacional, Rivadavia 1050, San Miguel de Tucumán, CP 4000, Tucumán, Argentina.
cpocovi@gmail.com, lledesma@ing.unsa.edu.ar

Resumen: En la presente investigación se describió la evolución de la comprensión lograda por alumnos de ingeniería, acerca de la interpretación de gráficos de posición y de velocidad en función del tiempo. Para asistir el aprendizaje se planteó una estrategia pedagógica que combina la clase teórica tradicional con la lectura y relectura de un texto diseñado de forma tal que presenta imágenes secuenciadas de los gráficos mencionados y las correspondientes explicaciones lingüísticas. Se realizó la comparación de los patrones de explicación identificados, en dos instancias de prueba (encuestas escritas), a medida que los alumnos progresan en el estudio del tema. La metodología utilizada corresponde a un Estudio descriptivo de Caso en el cual participaron alumnos carreras de Ingeniería que se encontraban cursando la primera asignatura de Física de su currículo. En base al protocolo diseñado para el análisis de las respuestas se concluyó que, a medida que los alumnos avanzan en la secuencia pedagógica, logran: a) incorporar a sus explicaciones el uso de la estrategia de análisis secuencial de gráficos, b) mejorar la explicación lingüística y física acerca de las características del movimiento representado por los gráficos y c) reducir la asignación de atributos ontológicos incorrectos a las variables involucradas en cada gráfico.

Palabras claves: modelo, teoría, ficción, imaginación, soporte

INTRODUCCIÓN

Es sabido que la lectura constituye uno de los procesos más relevantes en el aprendizaje de las ciencias a nivel universitario (Nist y Simpson, 2000; Kelly, 2007; Phillips y Yarden, 2017). En la situación de enseñanza exclusivamente virtual producida en el actual contexto de restricciones establecidas por la pandemia, los textos complementarios a dichas clases se tornan un instrumento indispensable para lograr el aprendizaje. En el caso de la Universidad donde se llevó a cabo el estudio, incluso en el año 2022 se continuó con esta modalidad durante el primer mes y medio de clases de asignaturas correspondientes a primer año de carreras de Ingeniería.

A la situación descripta anteriormente se le agrega la complejidad de los contenidos de Física: éstos no pueden enseñarse solamente mediante palabras, como sí sucede con la mayoría de los contenidos de las Ciencias Sociales, sino que también involucran el lenguaje simbólico correspondiente a ecuaciones y gráficos que tienen su génesis en conceptos matemáticos. Extendiendo la idea de Taschow (1972) acerca del lenguaje matemático, en Física, también se tiene "un lenguaje adentro de otro lenguaje". En el caso de los gráficos de una variable en función de otra, los libros de texto de Física básica a nivel universitario, comienzan a presentarlos para el caso de contenidos de cinemática en los cuales se muestran las gráficas (posición, velocidad y aceleración en función del tiempo) en un formato ya terminado, es decir, se presenta la forma de dichos gráficos para los distintos movimientos y su interpretación se supone suficientemente descripta mediante las ecuaciones correspondientes. Si bien la interpretación de un gráfico sencillo es prácticamente "automática" para una persona experimentada, la realidad de los alumnos novatos en Física dista mucho de esta situación. La consigna "dado el siguiente gráfico x= x(t) o v=v(t). describa la situación física que representa", constituye un reto que escasos alumnos logran realizar con éxito. La lectura de los gráficos (o su interpretación) involucra una serie de pasos que generalmente no son identificados ni explicitados mediante textos lingüísticos que los acompañen. En el presente artículo se describen algunos aspectos en los que mejora la interpretación de gráficos de posición en función del tiempo cuando los alumnos aprenden a hacerlo a

partir de textos diseñados específicamente para describir la secuencia de los pasos a seguir para lograrla.

ESTADO DEL ARTE Y MARCOS TEÓRICOS SELECCIONADOS

Esta investigación, entonces, involucra varios aspectos del aprendizaje de la Física que fueron tenidos en cuenta para su planteo y desarrollo: a) la codificación de la información en los textos, b) el aprendizaje de conceptos de ontología tipo Proceso y c) la comprensión de gráficas a nivel universitario. Así, presentaremos de manera resumida algunos resultados de investigaciones previas.

En cuanto al primero de los aspectos enumerados, dentro de las investigaciones en el área de comprensión lectora algunos estudios se han referido a los distintos modos de codificación que se incluyen en los textos, siendo este caso muy relevante para los textos de Física. Alexander y Kulikowich (1994) describieron a los textos de esta disciplina como "bilingües" ya que constituyen un ejemplo por excelencia del uso del sistema lingüístico (palabras, frases) acompañado por el sistema simbólico (ecuaciones y gráficos). Alexander y Jetton (2000) señalaron que el proceso de traducción de un sistema a otro que deben realizar los lectores se ve facilitado cuando el texto mismo contiene aclaraciones en palabras referidas al sistema simbólico. O sea, los requerimientos de procesamiento de la información leída aumentan cuanto menos abundantes y explícitas son las traducciones lingüísticas presentes en los textos (Alexander y Jetton, 2000). Sadoski y Paivio (2013,2004) presentaron su Teoría de Codificación Dual (TCD) que luego refinaron (Sadoski y Paivio, 2013). En ella establecen las diferencias que existen entre las unidades básicas de las representaciones mentales obtenidas a partir de experiencias verbales, llamadas Logogens, y aquellas creadas a partir de experiencias no verbales, denominadas Imagens (escrita con mayúscula para distinguirla del sustantivo "imagen", en castellano). Ambos tipos de unidades se organizan en sistemas o códigos llamados Verbal y No Verbal que poseen estructuras diferentes. Por un lado, las unidades Logogens se organizan por ligaduras denominadas secuenciales de manera tal que las unidades más chicas (letras, por ejemplo) pueden agruparse, siguiendo ciertas restricciones y jerarquías, en unidades más grandes (palabras, por

ejemplo). En cambio, los Imagens se organizan en un sistema que se caracteriza por tener una estructura más continua y anidada que implica que los elementos de una imagen no pueden ser separados tan fácilmente en elementos discretos (como sí sucede con los fonemas, las palabras y las frases). En otras palabras, los sistemas No Verbales son "más holísticos y simultáneos" (Sadoski y Paivio, 2013/2004, p. 890). La característica holística de los sistemas No Verbales podría llegar a ser una desventaja cuando se presentan imágenes para enseñar un tema. Por ejemplo, si se presenta un gráfico de posición en función del tiempo en su versión ya acabada, y se espera que los alumnos interpreten la Física asociada a él, estamos requiriendo que los alumnos aíslen e identifiquen los elementos relevantes de un gráfico para poder realizar correctamente la interpretación. Si bien los Imagens son considerados como una ayuda para comprender y recordar conceptos concretos pues contribuyen a "sumar sustancia sensorial concreta al significado" (p. 892), es difícil comprender y hasta encontrar Imagens que representen ideas más abstractas y, por esa razón, estas ideas son más difíciles de entender pues "la codificación del lenguaje abstracto es primariamente una cuestión de asociaciones verbales" (p. 897). O sea, el sistema lingüístico toma un papel relevante en la comprensión de conceptos abstractos. Los gráficos de variables cinemáticas en función del tiempo, son un ejemplo de ideas abstractas ya que en el plano formado por dos ejes ortogonales se representa cómo cambia a una variable en función de otra. Podría pensarse que explicaciones lingüísticas detalladas sumadas a la presentación secuencial de gráficos, faciliten el aprendizaje del proceso de su interpretación. Así, se seleccionó el marco teórico de la TCD de Sadoski y Paivio (2013/2004) para guiar el planteo de esta investigación, en cuanto a elegir una serie de imágenes secuenciadas de gráficos (para facilitar el aislamiento de sus elementos y de los pasos a seguir en su interpretación) y su correspondiente complementación con el sistema Verbal (para ayudar en la comprensión de una idea abstracta).

El segundo aspecto tenido en cuenta en esta investigación se refiere a las contribuciones realizadas por Chi (1992, 2008 y 2013) que resultan fundamentales en el área de comprensión de la ontología de los conceptos. De manera resumida, su teoría sobre

Cambio Conceptual detalla las dificultades más comunes que existen en el aprendizaje de conceptos pertenecientes a dos categorías ontológicas: Materia y Proceso; siendo la segunda aquella que engloba los conceptos más difíciles de comprender. En el caso que nos ocupa, el de la interpretación de las gráficas de la posición en función del tiempo para el movimiento unidimensional, la conclusión acerca de si el movimiento es acelerado o no, requiere considerar un intervalo de tiempo (cambio en el tiempo o diferencia entre dos tiempos) y el desplazamiento correspondiente (cambio en la posición o diferencia entre dos posiciones). Aquellos conceptos que se definen en base a cambios o incrementos, corresponden a conceptos tipo Proceso y la dificultad más generalizada en su comprensión radica en que los alumnos tienden a asociar el cambio de una variable con la variable en sí. Por esa razón, el presente trabajo también incorporó los aportes de la teoría de Chi (1992, 2008 y 2013) para guiar qué aspectos deben resaltarse en las explicaciones verbales acerca de cómo realizar la interpretación de las gráficas de la posición en función del tiempo: i.e., deberán incluirse referencias a la elección de un intervalo de tiempo y su correspondiente desplazamiento (cambio de posición).

El problema de la lectura, comprensión y construcción de gráficos en cinemática ha sido abordado desde hace décadas, lo cual muestra la relevancia y complejidad del tema en el área del aprendizaje de la Física. Mc Dermott, Rosenquist y van Zee, (1987) realizaron un estudio exhaustivo en el cual se identificaron diferentes problemas de comprensión de gráficas de estudiantes universitarios. Uno de los problemas señalados consiste en que los estudiantes se concentran sólo en la pendiente de una curva de posición versus tiempo; así, llegan a la conclusión de que el móvil "aumenta su velocidad pues la curva es creciente" (p. 505). Los autores proponen la presentación simultánea de gráficos de la misma forma para resaltar las diferencias entre la información que provee cada uno. Leinhardt, Zaslavsky y Stein (1990) realizaron una revisión de trabajos de investigación llevados a cabo tanto en la escuela media como a nivel universitario, acerca del aprendizaje y enseñanza de gráficas en diferentes ciencias (biología, física, matemática, entre otras). En su revisión, clasifican las respuestas incorrectas de los estudiantes, señalando que muchos alumnos confunden un intervalo con un punto. Bleichner (1996), trabajó con

videos que permiten el análisis de un movimiento y estudió su influencia sobre la interpretación de gráficos. Glazer (2011) realizó una revisión de las investigaciones sobre las dificultades de los estudiantes en la interpretación de gráficas en distintas áreas y concluye que debe ser explícitamente enseñada dada la complejidad de esta capacidad. Bollen, De Cock, Zuza, Guisasola y van Kampen (2016) estudiaron y clasificaron las respuestas de alumnos de tres universidades distintas ante situaciones problemáticas que incluían gráficos de distancia versus tiempo. En este estudio, algunos alumnos pertenecían a cursos basados en álgebra mientras que otros realizaban cursos basados en cálculo y se encontraron algunas falencias comunes entre ellos. En base a sus resultados, Bollen et al. (2016) abogan por la enseñanza tanto cualitativa como cuantitativa de los gráficos de la cinemática lineal. Pala, Scancich y Yanitelli (2017) estudian el desarrollo de habilidades cognitivas en estudiantes de ingeniería, relativas a la interpretación de gráficos obtenidos a partir de experiencias de laboratorio, en particular, de gráficas de velocidad en función del tiempo. Si bien los trabajos relevados muestran diversos aspectos referidos a la comprensión de las gráficas tanto en la Física como en otras ciencias, no se han encontrado investigaciones en las que se utilicen gráficos secuenciados acompañados de la descripción lingüística del proceso de interpretación de éstos, para enseñar ese proceso.

PROBLEMA Y PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN

Las investigaciones previas muestran que los alumnos manifiestan serias dificultades en diversos aspectos del trabajo con gráficas de una variable en función de otra. Estos problemas se presentan tanto en la construcción como en la interpretación (o lectura) de los gráficos y son generalizados tanto en el nivel de enseñanza media como en el universitario. Siendo la representación gráfica una parte esencial de la comunicación de la información en carreras científico-tecnológicas, es imperioso que se busquen formas de facilitar el aprendizaje de los estudiantes que deberán recurrir a ella a lo largo de su vida académica y profesional. En esta investigación nos centramos en el proceso de interpretación de gráficas ya realizadas (y no en el proceso de construcción).

En base a lo ya investigado, en este trabajo se avanza examinando si existen diferencias en la interpretación de gráficos a partir de la presentación de cómo se interpreta una gráfica mediante un texto con imágenes secuenciadas, secuencial, aumentando su complejidad de manera progresiva y acompañados de explicaciones lingüísticas y aquellos que muestran solamente la última imagen de la secuencia y cuya explicación lingüística se refiere al gráfico completo.

CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA ELEGIDA

Esta investigación se llevó a cabo con alumnos de la asignatura Física I correspondiente a las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (Ingenierías Química, Civil, Industrial y Electromecánica). La mencionada asignatura pertenece al primer año de las carreras. Por las restricciones existentes en el contexto de la pandemia COVID-19 el dictado del curso y la interacción con los estudiantes fue de carácter exclusivamente virtual, incluso durante los dos primeros meses del primer cuatrimestre de 2022. El nivel de escritura y lectura de los alumnos podría calificarse como el de lectores "en aclimatación" (Alexander y Jetton, 2000) ya que, además de ser su primer encuentro con la Física a nivel universitario, también se expresan de manera sencilla y con notorias falencias en la estructuración de las oraciones que arman.

Se decidió implementar la metodología de Estudio de Caso que permite lograr la descripción, interpretación y comprensión del objeto bajo estudio (Marradi, Archenti y Piovani, 2012) que, en este caso, es el aprendizaje del proceso de interpretación de gráficos de posición y velocidad en función del tiempo. 49 estudiantes participaron voluntariamente en la lectura del texto diseñado en el estudio y, juntamente con los 148 restantes, constituyen la “muestra seleccionada con un propósito” (purposeful sampling) (Merriam, 1998) asociada con este Estudio de caso. La comparación cualitativa se realizó entre ambos grupos.

El segundo tema del curso corresponde a Cinemática y comienza con movimiento en una dimensión, definiendo posición, desplazamiento, velocidad y aceleración. En la clase teórica se presentaron estos conceptos (con el apunte de cátedra

correspondiente). Posteriormente, se tomó un primer cuestionario escrito que respondieron de manera voluntaria, sólo 49 alumnos. A esos 49 alumnos se les facilitó un texto experimental con imágenes secuenciadas y alto contenido lingüístico mientras que los demás alumnos repasaron estos temas con libros de texto tradicionales. Como segunda instancia, se tomó a todos los estudiantes (197 alumnos) un cuestionario escrito y se realizó la devolución y discusión de las preguntas en la clase práctica. Por último, se realizaron otras preguntas sobre la interpretación de gráficos de posición y velocidad en función del tiempo, en la tercera instancia que correspondió al parcial.

RESULTADOS

En el primer cuestionario individual y escrito, respondido sólo por 49 alumnos luego de la clase teórica, se presentaron las gráficas mostradas en la Figura 1. El enunciado correspondiente a la curva de x=x(t) es: "El siguiente gráfico -ver Figura 1 (a) muestra la posición en función del tiempo para una partícula que se mueve sobre el eje x. En el eje temporal se indican los tiempos t_A, t_B, t_C y t_D. Los intervalos de tiempo entre t_A y t_B y entre t_C y t_D son iguales. Compare cualitativamente las velocidades promedio en los intervalos de tiempo A-B y C-D (mayor/menor/igual). Justifique su respuesta con una explicación detallada acerca de cómo llega a su conclusión. Respuestas sin justificación, no tienen puntaje. Puede ayudarse completando el gráfico con lo que considere necesario." En el caso de la gráfica de velocidad en función del tiempo (Figura 1-b), se requirió a los alumnos la descripción del movimiento representado por la curva mostrada.

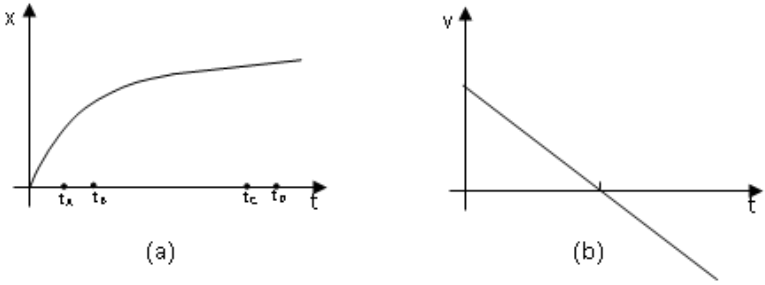
En base a las respuestas de los alumnos, se generaron tres categorías que indican si fueron capaces de aislar los elementos relevantes de los gráficos para interpretar su contenido. En el análisis de las respuestas se tuvieron en cuenta tanto las conclusiones explicadas en palabras como los agregados realizados por los estudiantes al gráfico original. En el caso de la gráfica x=x(t) las categorías son:

NR: No Resuelve o es ininteligible. En esta categoría se encuentra la mayoría de los alumnos (12 %).

T-I (Tiempo en lugar de Intervalo): En esta categoría, los alumnos mencionan en su explicación que la curva es creciente para un tiempo individual o dibujando una recta vertical desde algún tiempo particular. 18 respuestas fueron clasificadas en esta categoría (37 %).
A-D (Altura en lugar de desplazamiento): En esta categoría, los alumnos se refieren al valor de la velocidad como mayor cuanto más alta es la curva, o sea, asocian el valor de la posición con la velocidad. 25 respuestas fueron clasificadas en esta categoría (51%).

FIGURA 1

(a) Gráfico de x = x(t) presentado en la primera encuesta. (b) y Gráfico de v = v(t) presentado en la primera encuesta.



Como se puede apreciar, no se obtuvo ninguna respuesta correcta que debería basarse en la comparación del tamaño de los desplazamientos para cada uno de los intervalos (iguales). Los estudiantes no lograron aislar (Sadoski y Paivio, 2013/2004) o identificar los elementos relevantes del gráfico (intervalos, desplazamientos) y los que esbozaron alguna explicación no se refirieron a cambios en las variables (temporal o de posición) por lo que la característica de Proceso (Chi, 2013) del concepto de velocidad no fue manifestada en su explicación. En el caso de la v=v(t) los resultados también fueron clasificados en tres categorías:

NR: No Resuelve o es ininteligible. En esta categoría se encuentra la mayoría de los alumnos (10 %).

VN: En esta categoría, los alumnos mencionan en su explicación que la velocidad “se hace cada vez más negativa” sin explicar físicamente qué significa esta expresión. 21 respuestas fueron clasificadas en esta categoría (43 %).

VD: En esta categoría, los alumnos se refieren a que el valor de la velocidad “disminuye continuamente” o “disminuye cada vez más”. 23 respuestas fueron clasificadas en esta categoría (47 %).

Después de realizar esta primera encuesta, se entregó a los 49 alumnos que participaron en ella, un texto que denominaremos “experimental” pues fue creado con el propósito de guiar detalladamente a los alumnos en la actividad de interpretación de gráficos, mostrando paso por paso cómo se realiza el análisis. En texto experimental diseñado, se muestra una secuencia de gráficos que se van complejizando a medida que se realiza la interpretación por medio del Sistema Verbal que acompaña a las figuras. Así, los distintos elementos componentes de la unidad No Verbal acabada se van incorporando de manera paulatina y son explicados en palabras lo cual, según la TCD, ayudaría a la comprensión de conceptos abstractos. Más aún, las explicaciones verbales apuntarán a resaltar los "cambios", "incrementos" o "deltas" que son característicos de los conceptos tipo Proceso, como lo son los intervalos de tiempo, el desplazamiento y el cambio de la velocidad. Este formato de presentación es distinto de aquel de los libros de texto tradicionales en los cuales se muestran las gráficas de la posición y de la velocidad en función del tiempo de manera acabada acompañados de una explicación verbal. En este tipo de gráfico “acabado”, que corresponde al código No Verbal (que generan Imagens) de la TCD, se libra a la astucia o al interés del lector, el desagregado de los distintos elementos presentes en el dibujo (Imagens anidados). Más aún, las explicaciones lingüísticas correspondientes a su interpretación son escasas lo cual, según la misma teoría, no ayuda a comprender ideas abstractas como las que, en este caso, se muestran en el gráfico. En la Figura 2 se muestra la secuencia de gráficas que se presentan en el texto experimental para el caso de las gráficas de posición vs. tiempo. Se trabajó análogamente para el caso de velocidad versus tiempo. Por

razones de espacio, la disposición de la serie de imágenes y el texto asociado a cada una es mostrada de forma agrupada mientras que, en el texto original presentado a los alumnos, estas figuras son colocadas una debajo de la otra con el texto explicativo al costado de cada imagen.

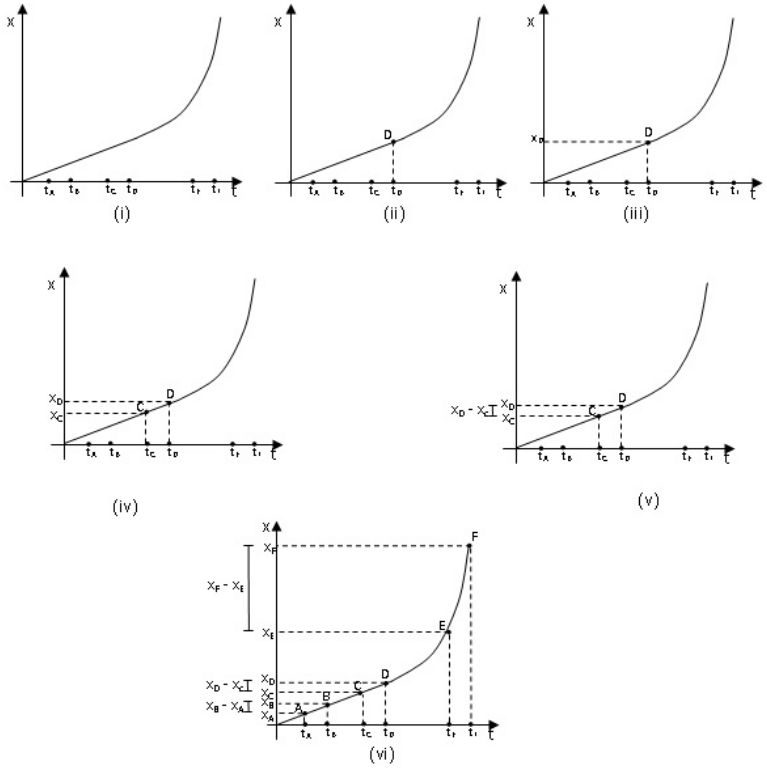
Algunas de las explicaciones verbales que acompañan a cada una de las figuras en el texto experimental son las siguientes: "(i) La figura muestra una curva que describe cómo cambia la posición de un móvil que se mueve a lo largo del eje x, a medida que pasa el tiempo. En el eje temporal se indican los tiempos t_A, t_B, t_C, t_D, t_E y t_F. Nuestro objetivo será comparar cualitativamente (sin otorgar valores) el tamaño (magnitud) de la velocidad promedio en distintos intervalos de tiempo.

Entonces, no basta con mirar qué es lo que sucede en cada tiempo individual, sino que tendremos que determinar cuál es el cambio de la posición en cada intervalo de tiempo que elijamos. O sea, tendremos que identificar un intervalo de tiempo (resta de dos tiempos) y su correspondiente desplazamiento (cambio o resta de dos posiciones). De la figura, se puede apreciar que los intervalos de tiempo entre t_A y t_B, t_C y t_D, t_E y t_F son iguales (o sea, el tamaño del segmento entre cada par de tiempos es el mismo); (ii) Para lograr determinar los desplazamientos o cambios de posición en los distintos intervalos de tiempo, primero identificaremos la posición individual que corresponde a cada tiempo para luego, hacer la diferencia entre las dos. Por ejemplo, para identificar el punto de la curva que corresponde al tiempo t_D, se traza una paralela al eje de las posiciones hasta que corta la curva (en palabras simples, "se sube" desde el t_D hasta la curva) y se marca el punto D correspondiente; (iii) Para averiguar la posición que tiene el móvil en el tiempo t_D, se traza una paralela al eje de los tiempos hasta que corta el eje de las posiciones. Allí, se indica la posición x_D; (iv) Lo mismo se puede hacer para el tiempo t_C; (v) el segmento mostrado sobre el eje x, indica la magnitud del desplazamiento entre x_C y x_D; (vi) Se trabaja de la misma manera para conseguir las posiciones y desplazamientos para los distintos intervalos de tiempo mostrados. De esta última figura, se puede apreciar que, siendo los intervalos de tiempo iguales, el desplazamiento entre A y B es el mismo que aquel entre C y D, lo cual significa que la velocidad promedio en ambos tramos es la misma ya que el cambio en la posición en los

dos intervalos de tiempo, tiene el mismo valor. En cambio, el desplazamiento entre C y D es más pequeño que aquel entre E y F por lo que, se puede decir que la velocidad promedio en el tramo C-D es menor que la del tramo E-F.

FIGURA 2

(i) a (vi) muestran la secuencia de pasos a seguir para comparar los desplazamientos correspondientes a intervalos iguales de tiempo



Como se dijo, se requirió a los 49 alumnos voluntarios leer el texto experimental mientras que el resto (223 alumnos) leyeron textos tradicionales. Posteriormente se tomó una segunda encuesta en la que participó la totalidad de los estudiantes y consistió en preguntas

análogas a las de la primera referidas a gráficas de posición y velocidad versus tiempo. La Tabla 1 muestra los porcentajes de respuestas correspondientes a cada categoría, en cada grupo de alumnos. A las categorías identificadas en la primera encuesta se les sumaron otras categorías nuevas que son descriptas a continuación.

RC: respuesta correcta. En este tipo de respuesta, los alumnos se refirieron a los intervalos de tiempo y sus correspondientes desplazamientos para establecer cualitativamente la relación (mayor, menor, igual) entre las velocidades promedio de los intervalos. En el caso de las gráficas de v=v(t) los alumnos describieron correctamente el movimiento. En este caso, puede decirse que los alumnos lograron aislar los elementos importantes de las gráficas (Sadoski y Paivio, 2013/2004) e incluir los cambios de tiempo y de posición en sus explicaciones lo cual resulta necesario para describir adecuadamente un concepto tipo Proceso.

RPC: Son respuestas parcialmente correctas. Para el caso de los gráficos x= x(t), en esta categoría se incluyeron aquellas respuestas en las que el estudiante identifica en el dibujo las posiciones correspondientes a los tiempos dados; sin embargo, su conclusión acerca del tamaño de las velocidades promedio se basa en la altura de la curva. Si bien la relación entre la velocidad promedio y la altura de la curva es también característica de la categoría A-D, en estas respuestas se vislumbra una consideración del intervalo de tiempo y de los desplazamientos, aunque no sea luego utilizada en la conclusión final y sólo se muestre a nivel de dibujo sobre el gráfico. En el caso de las gráficas v= v(t) las respuestas muestran una referencia al crecimiento o decrecimiento del valor de la velocidad, pero no al sentido del movimiento. La Tabla 1 también incluye los resultados de la tercera encuesta realizada unas semanas después de las lecturas, durante el parcial de la asignatura. Los porcentajes están calculados en base a cada grupo de alumnos (el experimental y el de control, de 49 y 223 alumnos respectivamente).

Tabla 1

Porcentajes de respuesta para cada categoría y en cada grupo de alumnos.

		Primera Encuesta		**Segunda Encuesta**		**Tercera Encuesta**	
		GE	GC	GE	GC	GE	GC
x=x(t)	NR	12 %	---	5 %	7 %	4 %	6 %
	T-I	37 %	---	12 %	34 %	11 %	20 %
	A-D	51 %	---	20 %	43 %	18 %	28 %
	RC	---	---	47 %	12 %	53 %	25 %
	RPC	---	---	16 %	4 %	14 %	21 %
v=v(t)	NR	10 %	---	2 %	4 %	2 %	2 %
	VN	43 %	---	16 %	39 %	16 %	25 %
	VD	47 %	---	16 %	45 %	10 %	22 %
	RC	---	---	46 %	2 %	51 %	30%
	RPC	---	---	20 %	6 %	11 %	21 %

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el análisis de las respuestas a los cuestionarios realizadas, a nivel descriptivo general. Mientras que en los textos presentes en los libros de texto tradicionales se presenta una gráfica acabada acompañada de su interpretación en palabras, en el texto experimental, se muestra (gráfica y verbalmente) la secuencia de pasos mediante los cuales se llega al formato final y a la interpretación final. Desde el punto de vista de la TCD de Sadoski y Paivio (2013/2004) y de la Teoría ontológica de Chi (2013), el texto experimental ayudaría a aislar los elementos relevantes de un gráfico, de otra manera anidado, y a señalar las características ontológicas del concepto a identificar en la gráfica.

Si bien los resultados del aprendizaje con el texto experimental distan de ser ideales, se detectó una notable mejora en las respuestas de los alumnos, que supera la mejora obtenida entre los estudiantes que sólo han leído el tema en los libros de texto tradicionales. Estas mejoras se manifestaron en que varios estudiantes pudieron identificar los elementos relevantes de una unidad no verbal y que representa una idea abstracta como lo es un gráfico de posición o de velocidad en función del tiempo.

En la revisión bibliográfica se mostró que los textos de Física poseen una característica "bilingüe" que sirve para aclarar los conceptos presentados. Los resultados de la presente investigación

abren la puerta a futuros estudios en los cuales, por ejemplo, se amplíe el formato de unidades no verbales (gráficas, dibujos, fotos) que son presentadas en forma desagregada y secuencial para estudiar su influencia en la comprensión de los conceptos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación PICT-2019-2260.

REFERENCIAS

Alexander, P.A, y Kulikowich, J. (1994). Learning from a Physics text: A synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(9), 895-911.

Alexander, P. A., y Jetton, T. L. (2000). Learning from Texts: A multidimensional and developmental perspective. En M. P. Kamil (Ed.), *Handbook of Research of Reading* (p. 285-310). Lea Inc.

Bollen, L., De Cock, M., Zuza, K., Guisasola, J. y van Kampen, P. (2016). Generalizing a categorization of students' interpretations of linear kinematics graphs. *Physical Review Physics Education Research, 12*. DOI: https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010108.

Chi, M. T. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. En R. N. Giere, y H. Feigl (Eds.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (p. 129-186). University of Minnesota Press.

Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change. Belief Revision, Mental Model Transformation and categorical shift. En S. Vosniadu (Ed.), *Handbook of research on conceptual change*. (p. 61-82). Erlbaum.

Chi, M. T. (2013). Two kind and four sub-types of misconceived knowledge way to change it, and learning outcomes. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (p. 49-70). Routledge Handbooks.

Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47 (2), 183–210.

Kelly, G.J. (2007). Discourse in Science Classrooms. En S. Abell y N.G. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education* (p. 443-470). LEA, Publishers.

Leinhardt, G., Zaslavsky, O. y Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research, 60*(1),1-64.

Marradi, A., Archenti, N. y Piovani, J. I. (2012). *Metodología de las ciencias sociales*. Cengage Learning.

Mc Dermott, L. C., Rosenquist, M. L., van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics, 55*(6), 503 - 513. https://doi.org/10.1119/1.15104

Merriam, S. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. Jossey Bass.

Nist, S., y Simpson, M. (2000). College studying. En M. Kamil, P. Mosenthal, P. D. Pearson y R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research*. (Vol. III, pp. 645-666). Lawrence Eribaum Associates.

Pala, L., Scancich, M. y Yanitelli, M. (2017). Desarrollo de habilidades cognitivas asociadas a las gráficas de datos experimentales en estudiantes de ingeniería: su incidencia en la modelización. *Revista de Enseñanza de la Física, 29*(No. Extra), 197–206.

Phillips M. P y Yarden, A. (2017). Structure, Epistemology and Metalanguage, foundations in reading comprehension of scientific texts. En S. E. Israel (Ed.), *Handbook of Research on Reading Comprehension* (2a ed., pp. 428-441). Guilford Press.

Sadoski, M. y Paivio, A. (2013). A Dual Coding Theoretical Model of reading, En D.E. Alvermann, N. J. Unrau y R. B. Ruddel (Eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading* (6a ed.). IRA.

Taschow, H. G. (1972). Reading in mathematics. *Improving college and university teaching, 20*(4), 312-314.

* * *

MODELO DE CONOCIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE UNA CARRERA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

Ana Muñoz[1], Santiago Pérez[2], María Stefanoni[2], Daniela Carbonari[2], Bruno Roberti[2], Jimena Perez[1]
[1] Centro de Estudios en Microelectrónica y Sistemas Distribuidos Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela
[2] CeReCoN y GIDEC (Grupo de Ecosistemas de Conocimiento) UTN-FRM.
santiagocp@frm.utn.edu.ar santiagocperez@yahoo.com.ar, stefanoni_e@yahoo.com, maria.stefanoni@frm.utn.edu.ar

Resumen: El conocimiento es un recurso importante en la sociedad del conocimiento, y los trabajadores del área desempeñan un papel importante. La gestión del conocimiento y las soluciones de las mejores prácticas en el mundo de las organizaciones pueden extenderse y utilizarse en todos los ámbitos, incluso con su aplicación en la Educación Superior moderna. En las Universidades, el conocimiento de la interacción de todos los miembros de los claustros, y de las estrategias y procedimientos académicos y administrativos internos son necesarias para desplegar y alcanzar los mejores resultados en cualquiera de las actividades bajo su responsabilidad. Una de esas actividades es el proceso de creación de las Carreras de Grado y Posgrado, que implican una adaptación a las demandas del contexto social, y la ejercitación del liderazgo de los cambios en el entorno. En el proceso de creación de una carrera en las universidades se genera conocimiento, tanto individual como colectivo, considerando desde los procesos de enseñanza-aprendizaje, la investigación, la extensión, y sus relaciones con el entorno. Sin embargo, no existe un modelo que permita representar todos estos conocimientos de manera estructurada, y así poder registrar las experiencias, vivencias y aprendizajes generados durante la creación de una carrera. Este trabajo propone un avance de un método y un modelo para el proceso de creación de una Carrera en la Educación Superior. El modelo aporta una propuesta de valor, iniciando con la taxonomía que identifica los elementos de conocimiento, y que forman el vocabulario en el área. La Ontología actúa como un “esquema" que describe los elementos que lo componen y sus relaciones y, además, con la ventaja que puede adaptarse a los requisitos explícitos en cualquier dominio de aplicación.

Palabras claves: modelo de conocimiento, taxonomía, ontología.

INTRODUCCIÓN

“La gestión del conocimiento incluye a las personas, los procesos, los contenidos, la cultura y las tecnologías necesarias para capturar, gestionar, compartir y encontrar información” (Hilger, J., & Wahl, Z., 2022, p. xx).

La gestión de conocimientos eficaz consiste en permitir a las organizaciones y a las personas que las integran que realicen acciones: que hagan cosas que ayuden a que sus conocimientos perduren dentro de la organización, se compartan y, por lo tanto, sean aprovechados por otros. Se debe ser capaz de capturar los conocimientos en forma reutilizable, gestionarlos para que sean siempre fiables y mejoren, compartirlos para que otros puedan beneficiarse de ellos y encontrarlos para poder seguir actuando sobre ellos.

En los últimos años, surgió la preocupación en las Instituciones de Educación Superior (IES) por la gestión del conocimiento; son pocas las IES que tienen una gestión que aproveche la riqueza de este tipo de gestión, cuando es en la educación superior donde se gesta el conocimiento. Para implementar la gestión del conocimiento en las IES, es fundamental comenzar por mostrar algunos de sus enfoques en el contexto universitario, tales como la creación de una carrera, en cualquiera de sus modalidades: presencial, online o Blended Learning.

En este contexto, se recurrirá a las ontologías como una especificación explícita del conocimiento en un dominio determinado (Guarino et al, 2009). Una ontología es la descripción conceptual y terminológica de un conocimiento compartido acerca de un dominio específico.

En este trabajo se ha utilizado el modelado ontológico de los procesos de creación de una carrera universitaria, que describen los elementos que conforman el mismo y sus interrelaciones. Los procesos de creación de una carrera es lo que hace una universidad, cuando desea entregar un servicio de aprendizaje a la sociedad, con la finalidad de formar las personas en áreas de conocimiento determinadas, para las necesidades productivas de un país. La forma en que se definen y ejecutan los procesos afecta tanto a la "calidad del servicio" que perciben los estudiantes, como a la eficiencia con la que se prestan los mismos.

ESTADO DEL ARTE

En Hadjar, K. (2016) se presenta una ontología universitaria para la Universidad de Ahlia. La ontología describe todos los departamentos bajo la estructura de la universidad, y las relaciones que existen entre ellos, incluyendo clases y restricciones basadas en el organigrama de la Universidad de Ahlia. La ontología se expresó en OWL (Lenguaje de Ontologías Web) (Antoniou, G., & Van Harmelen, F., 2004). En las ontologías, la atención se centra en las relaciones entre los conceptos y no en la información en sí. Como trabajo futuro, en el dominio de la ontología en la educación superior, se consideró agregar los siguientes conceptos:

- Ontología de aplicaciones de e-learning,
- Intercambio y reutilización de ontologías,
- Ontología de grafos, y
- Ontología empresarial,
- Correspondencia y alineación de ontologías.

En Sahibzada, U. F. y otros (2022) se plantea la visión basada en el conocimiento en las universidades, y comprueba la asociación directa entre los procesos de gestión del conocimiento y el rendimiento de la organización. Además, examina el papel mediador de la productividad de los trabajadores del conocimiento, entre los procesos de gestión del conocimiento y el rendimiento organizativo. El trabajo describe un conjunto inicial de investigaciones, que examinan empíricamente la interfaz del liderazgo orientado al conocimiento, los procesos de gestión del conocimiento, y el rendimiento de la educación superior, al tiempo que muestra las perspectivas de la literatura predominante, mediante la investigación del papel mediador de la productividad de los trabajadores del conocimiento.

En Sahibzada, U. F., y otros (2022) se describen cómo la necesidad de contar con entornos de aprendizaje electrónico inteligentes está dando lugar a nuevos retos, para el desarrollo de sistemas inteligentes, que puedan ser utilizados para automatizar las actividades de la Educación Superior (ES) de forma inteligente. Algunos ejemplos comunes de estas actividades son "analizar, encontrar y clasificar el recurso adecuado para impartir un curso", "analizar y encontrar a las personas con intereses de investigación

comunes, para iniciar proyectos de investigación conjuntos", y "utilizar técnicas de análisis de datos y razonamiento automático, para realizar los exámenes con diferentes niveles de complejidad". El razonamiento ontológico y la analítica de datos inteligente desempeña un papel importante en el análisis y la automatización de estas actividades y procesos de la Educación Superior. En el trabajo, se describe el marco de trabajo denominado Marco de Automatización de Actividades y Procesos de Educación Superior (HEAPAF: Higher Education Activities and Processes Automation Framework), que puede utilizarse para identificar, extraer, procesar y producir los datos enriquecidos semánticamente, en formato comprensible por la máquina, a partir de diferentes recursos educativos. También presentan la Ontología de la Educación Superior (HEO) que diseñaron y desarrollaron para acomodar los datos de la ES y, luego, realizar análisis y razonamientos sobre ellos. Como prueba de concepto, se presenta un caso de estudio sobre el tema "analizar, encontrar y clasificar los recursos adecuados para impartir un curso", que puede mejorar los patrones de aprendizaje de los estudiantes, en el creciente entorno educativo inteligente. Y, finalmente, evalúan el marco como prueba de su competencia y consistencia, en la mejora de la analítica académica de las actividades y procesos educativos, mediante el uso del razonamiento automático.

Cada uno de estos trabajos proporcionan una visión del estado de la gestión del conocimiento para la Educación Superior, y algunas ontologías que representan actividades en las universidades. En el trabajo de Hadjar, K. (2016) se describen los departamentos de una universidad, pero no se muestra la ontología. Sin embargo, en el trabajo de Alrehaili, N. A. y otros (2021) se describen los entornos tecnológicos en la universidad, y una ontología para la educación superior, que proporcionó un marco para el desarrollo del modelo presentado en este artículo.

METODOLOGÍA

El desarrollo de un estado actual claro es el primer paso para comprender el estado actual de la gestión del conocimiento en la creación de carreras de las Universidades. Para ello, se utilizó un método mixto (top-down y down-up) realizando las siguientes etapas:

- Identificación del área organizacional, estableciendo el nivel de granularidad. En nuestro caso nos ubicamos en la creación de la Maestría en Redes de Datos, dictada en la modalidad a distancia, en la UTN Mendoza.
- Definición de los Stakeholder (interesados) del conocimiento, que se genera durante la creación de la carrera. Estos son el Ministerio de Educación, el Consejo de Universidades, la Industria, las Organizaciones Civiles, las ONGs, el Gobierno, la Sociedad, y los interesados dentro de la universidad como: el Rector, el Consejo Superior, loas Decanos y Directivos a Nivel regional, y los Profesores, Investigadores y graduados.
- Algunas de las preguntas de competencia, que guían y validan el proceso de creación de una carrera se enumeran a continuación en la Tabla 1.

Esta tabla muestra las preguntas más importantes a las que hay que dar respuesta, específicamente, en relación con los elementos de Gestión de Conocimiento existentes, y que ayudan a validar el estado de conocimiento en la IES.

- Por otro lado, se debe realizar una revisión de planes de proyectos pasados o existentes, y documentos, guías de proyectos relacionados con el conocimiento, la información y los datos para la creación de carreras. La mayoría de estos, suelen contener investigaciones y conclusiones previas sobre los retos o problemas en la creación de carreras. Los puntos de partida de estos documentos son especialmente valiosos para:
- La identificación de los interesados y sus motivaciones a efectos de diseño para la creación de carreras.
- Los resultados de investigaciones o encuestas anteriores sobre los retos comunes de la creación de carreras, como los problemas de localización y descubrimiento, la capacidad de capturar y gestionar adecuadamente los contenidos, o la capacidad de encontrar y conectar con colegas o expertos.

Tabla 1

Preguntas de Competencia

Nro.	Pregunta de competencia
1	¿Cuál es su función en la creación de una carrera?
2	¿Qué parte de su función tiene que ver con el uso de la tecnología/sistemas para la creación de una carrera?
3	¿Dónde busca actualmente la información para la creación y gestión de una carrera?
4	¿Le resulta difícil o fácil encontrar lo que busca?
5	Si ha creado o actualizado una nueva información, ¿cómo la comparte con los demás interesados en la creación de carreras?
6	¿Sabe dónde buscar la información que necesita?
7	¿Sabe cómo encontrar a las personas adecuadas para que le ayuden a responder una pregunta?
8	¿Cuánto tiempo diría que suele pasar buscando algo?
9	¿Qué hace cuando no lo encuentra?

Revisión de los sistemas existentes que gestionan el conocimiento, la información y los datos acerca de la creación de carreras.

- Arquitectura de Información, para establecer el punto de inicio en dónde se encuentra la información y los sistemas de información, que apoyan la creación de las carreras.
- Establecer los tipos de Usuarios que el sistema de Gestión de conocimiento podría atender, así como los permisos de acceso.
- Crear una taxonomía y metadatos, para el marcado y búsqueda de los elementos de conocimiento gestionados.

Esta metodología proporcionó una guía para la creación del modelo de conocimiento.

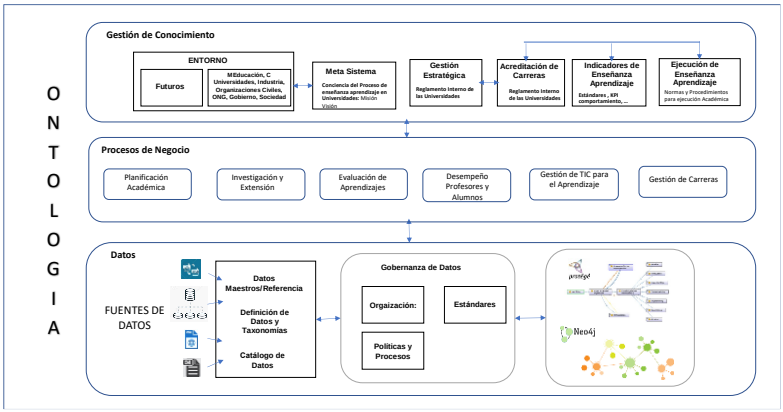
PROPUESTA. MODELO DE CONOCIMIENTO.

El modelo de conocimiento preliminar está conformado en tres niveles, de acuerdo a la granularidad del conocimiento que se maneja.

Nivel 1: Desde la visión general de la Gestión del Conocimiento en una Universidad enfocado en el proceso de creación de una carrera.
Nivel 2: Desde la visión de los procesos de gestión de conocimiento, para la creación de carreras en una universidad. Se describen los procesos que se deben realizar para la creación de una carrera desde la visión académica, sin tomar en cuenta la visión administrativa. Este modelo describe los procesos, sus actividades, los actores y los datos involucrados en cada uno de ellos.
Nivel 3: Herramientas tecnológicas y datos de soporte a los procesos de gestión del conocimiento, para la creación de una carrera en la Educación Superior. Se utilizó la Ontología como modelo y esquema a través del cual se representaron estos tres niveles. A continuación, en la figura 1, se muestra la arquitectura.

Figura 1

Modelo de conocimiento para la creación de carreras en la educación Superior.



Nivel 1. Gestión de Conocimiento.

Para comprender y definir el sistema de conocimiento desde una visión general, se utilizó el Modelo de Sistema Viable (VSM: Viable System Model), que soporta el modelado de sistemas complejos. El Modelo de Sistema Viable, propuesto por Stafford Beer (Beer, S., 1984), es un enfoque que considera la estructura del sistema, y permite aumentar la variedad de respuestas del sistema hacia el

entorno, para interactuar exitosamente con él, en términos de viabilidad. La viabilidad es la capacidad de hacer frente a la variedad de situaciones, que el sistema encuentra en el entorno con el que interactúa.

Nivel 2. Procesos de Negocio.

Los procesos de creación de una carrera están definidos a partir de normas y procedimientos emitidos por el Ministerio de Educación; las normas y procedimientos de la Universidad Técnica Nacional; y las normas y procedimientos adaptados a nivel regional (en este caso en la UTN Regional Mendoza).

Nivel 3: Datos.

Los datos que se manejan en el proceso de creación de carreras están definidos por los procesos. Algunos de ellos son documentos, hojas de Excel y, adicionalmente, datos de sistemas de gestión de la universidad, como aulas, estudiantes, profesores, etc. Este es el motivo por el que una de las herramientas para la gestión de conocimiento se comporta como un catálogo de datos, donde se describen los datos más importantes, que pueden guiar las decisiones que se deben tomar durante la creación de la carrera. También se debería pensar en un Diccionario de Términos de Negocio, y un Registro de Prácticas. Todo esto bajo la visión de gestión de datos y gobernanza de datos.

Ontología

El modelo propuesto describe la Universidad, y su entorno, en Protégé OWL (Knublauch, H.,2005), como se muestra en la Figura 2. Se describe la Universidad, su entorno, y la descripción de los procesos de la creación de carrera. Los roles son los stakeholders para la creación de carreras.

Las relaciones se muestran en las Figuras 3, 4 y 5, e indican como se vinculan los conceptos en la creación de carreras. Algunas de ellas son:

- tiene_subclase
- es-Parte de
- son Indicadores de
- realizan_Asignación_de_Recursos

- entre otros
- tiene Planificación de Carreras

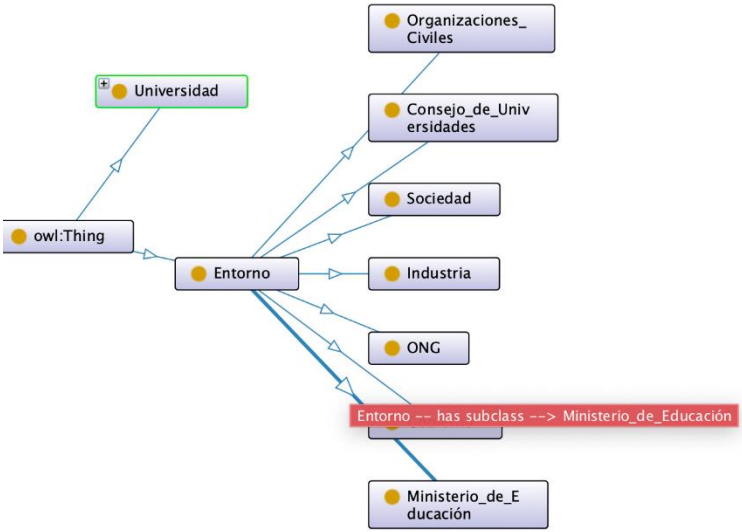
Figura 2

Taxonomía de creación de Carreras

Nota. Reproducido de Protégé OWL (Knublauch, H.,2005; Noy, N. F. et al, 2005)

Figura 3

Relaciones entre conceptos, para la creación de carreras.



Las relaciones entre conceptos proporcionan propiedades que permiten describir y definir las reglas de negocio en la creación de una carrera. En la Figura 4 se muestran las clases que componen el entorno y la universidad. Tienen propiedades de herencia debido a relaciones de clase subclase. Las relaciones de herencia proporcionan propiedades para búsquedas inteligentes entre conceptos.

Figura 4

Relaciones de herencia entre clases.

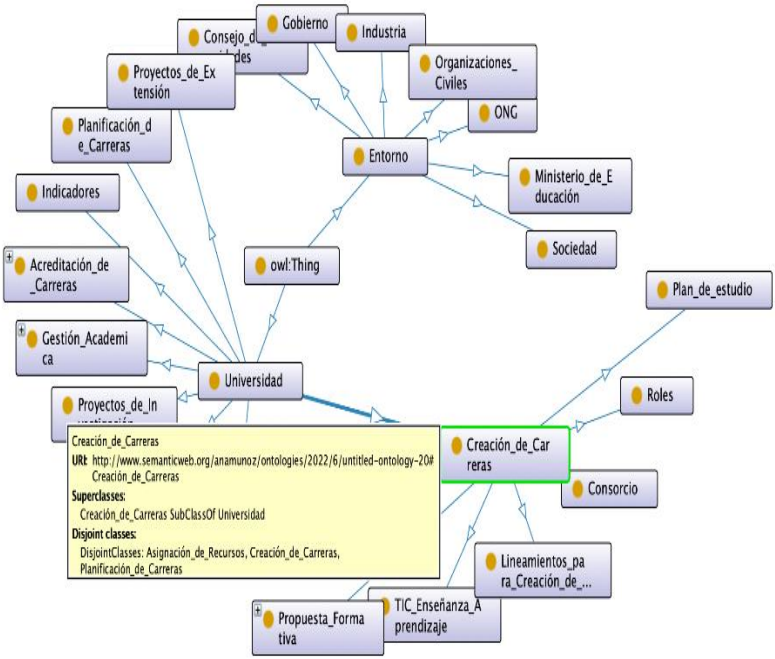
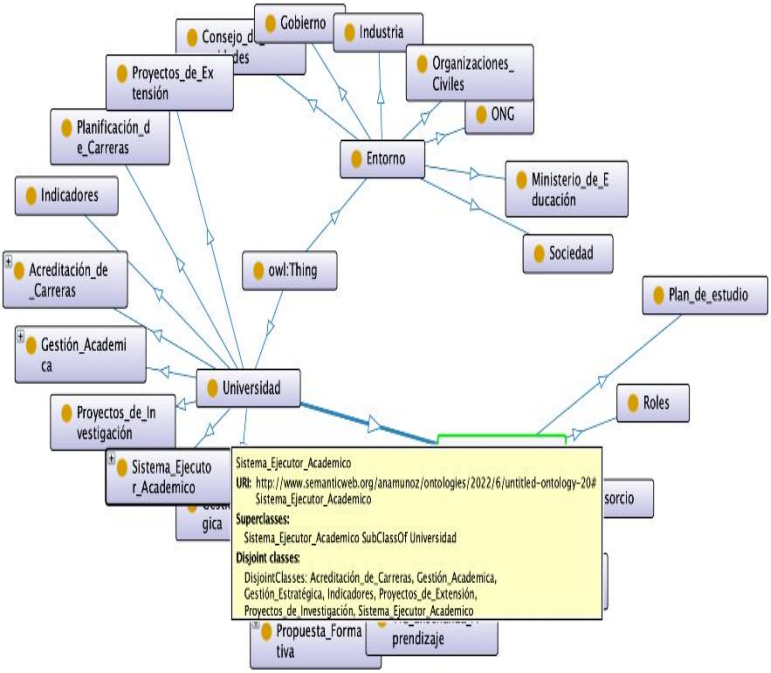


Figura 5

Disyunción entre clases.



La propiedad de disyunción entre clases indica lo que se puede y no se puede hacer durante la creación de una carrera. Y soporta el mapeo entre clases y sus propiedades.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta una primera versión del modelo de conocimiento, para la creación de carreras en la Educación Superior. Los elementos que conforman este modelo se representan a través de las ontologías, que describen las reglas de negocio para la creación de carreras en la educación superior. El modelo describe el dominio de conocimiento y define su

comportamiento a través de relaciones y propiedades definidos en lógica de primer orden.
Actualmente, se está desarrollando la siguiente versión del modelo, que considera su instanciación a través de grafos de conocimiento. El uso de grafos de conocimiento (Fensel, D. 2020) conformará un sistema de gestión de conocimiento.

REFERENCIAS

Alrehaili, N. A., Aslam, M. A., Alahmadi, D. H., Alrehaili, D. A., Asif, M., & Arshad Malik, M. S. (2021). *Ontology-Based Smart System to Automate Higher Education Activities. Complexity*.

Antoniou, G., & Van Harmelen, F. (2004). Web ontology language: Owl. In Steffen Staab, Rudi Studer (Eds.), *Handbook on ontologies* (pp. 67-92). Springer Berlin.

Beer, S. (1984). The viable system model: Its provenance, development, methodology and pathology. *Journal of the operational research society*, *35*(1), 7-25.

Fensel, D., Simsek, U., Angele, K., Huaman, E., Kärle, E., Panasiuk, O., Toma, I., Umbrich, J. & Wahler, A. (2020). Introduction: What Is a Knowledge Graph? *Knowledge graphs* (pp. 1-10). Springer Cham.

González-Zamar, M. D., & Abad-Segura, E. (2021). Analysis of Research on Knowledge Management in Universities. In *Reviving Businesses With New Organizational Change Management Strategies* (pp. 293-309). IGI Global.

Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What is an ontology? In Steffen Staab & Rudi Studer (Eds.), *Handbook on ontologies* (2nd ed., pp. 1-17). Springer Berlin.

Hadjar, K. (2016). University ontology: a case study at Ahlia University. In Workman, M. (Eds.), *Semantic Web* (pp. 173-183). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16658-2_9

Hilger, J., & Wahl, Z. (2022). *Making Knowledge Management Clickable: Knowledge Management Systems Strategy, Design, and Implementation*. Springer.

Knublauch, H., Horridge, M., Musen, M. A., Rector, A. L., Stevens, R., Drummond, N., P. Lord, Noy, N., Seidenberg, J., & Wang, H. (2005). En B. Cuenca Grau, I. Horrocks, B. Parsia & P. Patel-Schneider (Eds.), *OWLED '05. OWL: Experiences and Directions 2005: Proceedings of the OWLED*05 Workshop on OWL: Experiences and Directions* (Vol. 188, pp. 1126-1130). CEUR-WS.org

Noy, N. F., Crubézy, M., Fergerson, R. W., Knublauch, H., Tu, S. W., Vendetti, J., & Musen, M. A. (2003). Protégé-2000: an open-source

ontology-development and knowledge-acquisition environment. En *Proceedings of the* 2003 AMIA annual symposium (pp. 953-953).

Sahibzada, U. F., Jianfeng, C., Latif, K. F., Shafait, Z., & Sahibzada, H. F. (2022). Interpreting the impact of knowledge management processes on organizational performance in Chinese higher education: mediating role of knowledge worker productivity. *Studies in Higher Education, 47*(4), 713-730.

* * *

TRANSFORMACIONES LINEALES: UN INICIO EN LA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS

Noemí Vega[12]; Ana María Narvaez[12]; Gabriela Tomazzeli[12]

[1] Grupo IEMI, Universidad Tecnológica Nacional, FRM;
[2] Facultad de Ingeniería, UNCuyo
nvega33@hotmail.com, ana.narvaez@frm.utn.edu.ar

Resumen: El propósito de este trabajo realizado en el espacio curricular Álgebra de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, en el tema de referencia, es mostrar con este objeto de estudio, la orientación de la enseñanza de la asignatura bajo el Modelo de Formación por Competencias. El fundamento se debe al hecho que, desde junio de 2018, cuando CONFEDI aprueba la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, surge la necesidad de adecuar e implementar los Planes de Estudio de las Carreras de Ingeniería con la nueva propuesta, que busca lograr una mejor sintonía entre lo que la universidad ofrece y lo que la sociedad demanda. Para ello propone una enseñanza basada en el modelo de formación por competencias. Se comienza a trabajar desde los espacios curriculares, donde los docentes eligen, con fundamento, los Resultados de Aprendizaje a ser tratados en las aulas, seleccionando actividades para que la enseñanza y el aprendizaje conduzcan a que el estudiante pueda alcanzar los logros esperados, que son evaluados mediante rúbricas. El resultado de este trabajo es una mediación pedagógica y una rúbrica relativa al resultado de aprendizaje planteado, cuyo objeto de estudio son transformaciones lineales.

Palabras claves: competencia, álgebra, transformaciones lineales.

INTRODUCCIÓN

Desde 2018, cuando el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), aprueba la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, comienzan a ponerse en práctica diversas acciones para pasar del

modelo tradicional de enseñanza al Modelo de Formación por Competencias. Quizás nos preguntamos el porqué de la necesidad de este cambio profundo en la educación, la realidad nos muestra que los alumnos de hoy no son los mismos de antes, las exigencias del entorno son distintas, los estudiantes de ahora reciben mucha más información y deben enfrentar situaciones que cambian rápidamente.

Este cambio en el modelo de enseñanza, busca lograr la formación de ingenieros competentes. Ser competente según Philippe Perrenoud (2007) significa tener la capacidad de movilizar varios recursos cognitivos como conocimientos, habilidades o actitudes para hacer frente de manera eficiente a un tipo de situaciones. Para lograr este objetivo, es necesario rediseñar los planes de estudio y con ello las planificaciones de las cátedras de las carreras de ingeniería, siguiendo un modelo conceptual que se apoya en tres pilares (Kowalsky et al, 2019):

- ✓ la *formulación de competencias*, que consiste en la redacción de los Resultados de Aprendizaje (RA). Un resultado de aprendizaje describe lo que se espera que sepan los estudiantes y sean capaces de hacer al final de un cierto período de aprendizaje (Ciclo, módulo, unidad, etc.) o cuando se gradúan. CONFEDI (2017).
- ✓ la *mediación pedagógica*, que consiste en la elección de las actividades a realizar para lograr dichos RA y
- ✓ el *sistema de evaluación por competencias*, que permite evaluar los logros de los RA mediante rúbricas de evaluación.

Como docentes de Álgebra, asignatura de primer año, común a todas las carreras que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, proponemos este trabajo con el cual se pretende orientar la enseñanza del Álgebra al Modelo de Formación por Competencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Comenzamos con el primer pilar, es decir, con la redacción de los RA. Presentamos aquí el siguiente RA referido al objeto de

conocimiento “Transformaciones Lineales” (TL), el cual forma parte de los contenidos mínimos de Álgebra.

[Identifica] [a las transformaciones lineales] [a fin de reconocer su aplicación en la resolución de situaciones problemáticas] [que surjan dentro de su entorno académico].

A continuación, se presenta la siguiente tabla en la cual se indican las actividades seleccionadas para el logro del RA enunciado, indicando también el tiempo necesario para llevar a cabo dicha mediación pedagógica, discriminando entre horas presenciales (HP) y horas no presenciales (HNP), e indicando también los saberes conocer (SC); saberes hacer (SH) y saberes ser (SS), involucrados en cada actividad.

Tabla 1

Mediación pedagógica referida al objeto de estudio TL

Resultado de Aprendizaje	Mediación Pedagógica		Tiempo	Saberes
[Identifica] **[a las transformaciones lineales]** **[a fin de re-conocer su aplicación en la resolución de situaciones problemáticas]** **[que surjan dentro de su entorno académico].**	Clase 1	Actividad 1.1 Mapa conceptual Con esta actividad se pretende que los alumnos vayan rescatando ciertos conceptos que ya estudió en otras asignaturas como Geometría Analítica y Análisis Matemático I, para poder relacionar-los y llegar así a comprender mejor el concepto TL. Algunos de ellos son espacio vectorial, subespacio vectorial, dimensión, base, conj.	HP: ½ h	SC: espacio vectorial (EV), subespacio vectorial, dimensión, base, conjunto generador, conjunto linealmente independiente, función, dominio y codominio. SH: Organizar y relacionar conceptos. SS: Actitud positiva para recordar conceptos de otras asignaturas

Resultado de Aprendizaje	Mediación Pedagógica		Tiempo	Saberes
[Identifica] **[a las transformaciones lineales]** **[a fin de reconocer su aplicación en la resolución de situaciones problemáticas]** **[que surjan dentro de su entorno académico].** **[Identifica]** **[a las transformaciones lineales]**	Clase 1	generador, conj. linealmente independiente, función, dominio, codominio, etc.		y relacionarlos con el Álgebra.
		Actividad 1.2 Visualización de fotos Se les muestra a los alumnos imágenes de situaciones de la vida real en las cuales aparecen TL como por ej.: objetos reflejados, proyectados, rotados, etc.	HP: ½ h	SC: Transformaciones geométricas: reflexiones, proyecciones, rotaciones. SH: Asociar situaciones de la vida real con las TL.
		Actividad 1.3 Visualización de video El objetivo de esta actividad es darle al concepto de TL una interpretación geométrica intuitiva. Para ello se propone ver un video de YouTube (3Blue1Brown) sobre TL, en el cual se muestra en forma dinámica y geométrica la definición de TL. Una vez visto el video, los alum-nos podrán plantear sus dudas al respecto.	HP: ¾ h	SC: TL. EV. Combinaciones lineales. SH: Reconocer gráficamente TL. SS: Buena pre-disposición para escuchar y res-petar las dudas y opiniones ajenas.

Resultado de Aprendizaje	Mediación Pedagógica		Tiempo	Saberes
[a fin de reconocer su aplicación en la resolución de situaciones problemáticas] **[que surjan dentro de su entorno académico].**		Actividad 1.4 Resolución de ejercicios Aquí el profesor presenta la definición de TL y explica con participación de los alum-nos como probar en forma analítica que una función dada es o no una TL. Luego será el alumno quien deberá resolver una situación similar, pudiendo consultar sus dudas con el docente o compañeros.	HP: 1h HNP: 2h	SC: TL. Aditividad y homogeneidad. SH: Algoritmo para probar la homogeneidad y linealidad de una función. SS: Perseverancia en el trabajo tanto individual como en grupo.
[Identifica] **[a las transformaciones lineales]** **[a fin de reconocer su aplicación en la resolución de situaciones problemáticas]** **[que surjan dentro de su**		Actividad 1.5 Síntesis Mediante preguntas realizadas por el docente se cierra la clase dejando claro: qué son las TL, sus aplicaciones y como reconocerlas en forma geo-métrica o por simple inspección. Se solicita a los alum-nos para la próxima clase buscar información sobre las propiedades de las TL.	HP: ¼h HNP: ¼h	SC: TL. Linealidad. Homogeneidad. SH: Reconocimiento por simple inspección de TL. Búsqueda de información en libros de textos. SS: Responsabilidad frente a las tareas.

Resultado de Aprendizaje	Mediación Pedagógica		Tiempo	Saberes
entorno académico]. **[Identifica]** **[a las transformaciones lineales]** **[a fin de reconocer su aplicación en la resolución de situaciones problemáticas]** **[que surjan dentro de su entorno académico]**	Clase 2	Actividad 2.1 Preguntas guía El docente comienza la clase formulando preguntas a los alumnos, con el fin de repasar los conceptos estudiados la clase anterior, que serán necesarios para esta.	HP:¼h	SC: TL. Linealidad. SH: procedimientos cognitivos SS: Participación en la clase realizando aportes.
		Actividad 2.2 Panel Los alumnos presen-tan una a una las propiedades encontradas, las cuales se discuten y analizan entre todos a fin de interpretar lo que ellas dicen.	HP:½h	SC: propiedades de las TL SH: realizar tratamientos en lenguaje simbólico SS: Conjuga entusiasmo y realismo a la hora de transmitir su opinión.
		Actividad 2.3 Resolución de Problemas Se le presentará a los alumnos las demostraciones de las propiedades presentadas por ellos, la tarea del alum-no será justificar cada uno de los pasos de la demostración,	HP: 1h HNP:2h	SC: propiedades de los EV. Definición de TL. SH: utilizar método deductivo. SS: Escucha atentamente los a-portes realizados por sus compañeros de grupo.

Resultado de Aprendizaje	Mediación Pedagógica		Tiempo	Saberes
		indican-do que propiedades y/o axiomas se aplicaron.		
		Actividad 2.4 Síntesis Se hace una puesta en común en la pizarra para que los alumnos discutan y confronten sus respuestas. Para la próxima clase se les pide a los estudiantes que traigan si tienen su notebook, o laptop.	HP: ¼ HNP:¼	SC: propiedades de las TL. SH: deducción de propiedades. SS: Muestra res-peto frente a las opiniones ajenas.
	Clase 3	Actividad 3.1 Clase dirigida Mediante una guía de estudio, se le asigna a cada grupo una TL geométrica del plano y se les pide que mediante el uso de la herramienta digital geogebra realicen la actividad planteada que les permitirá encontrar la ley de la TL geo-métrica asignada.	HP: 1 HNP: 2	SC: TL geométrica. Ley de la TL. SH: Dibujar un vector genérico en IR^2 y buscar su imagen dada por la reflexión, rotación o proyección. SS: Actitud positiva frente al trabajo en equipo.
		Actividad 3.2 Puesta en común	HP: ¾ h	SC:TL geométricas. SH: construcción de imágenes da-

Resultado de Aprendizaje	Mediación Pedagógica		Tiempo	Saberes
		Por grupos pasan a la pizarra para explicar qué y cómo hicieron para llegar a la ley de la TL encontrada.		das por ciertas TL en IR². SS: Escucha respetuosamente el aporte brindado por sus pares.
		Actividad 3.4 One minute paper Con esta actividad se pide al alumno que responda en una hoja 1) ¿Qué es lo más importante que aprendí? Y 2) ¿Cuál es la principal duda con la que me voy de la clase? Esto servirá al docente para analizar si las técnicas elegidas dieron buen resultado o no, si es necesario modificar algo o no.	HP: ¼	SH: Lectura comprensiva de la encuesta referida a las actividades realizadas en la clase. SS: Sinceridad en las respuestas dadas al cuestionario.

Las actividades aquí propuestas buscan lograr que el alumno sea el protagonista principal del proceso de enseñanza-aprendizaje, siendo su rol participativo y activo, trabajando en forma cooperativa; de esta manera, el docente deja de ser un transmisor de conocimientos para ser un facilitador de saberes. Una vez planteadas las actividades, queda ocuparnos del tercer pilar del Modelo de Formación por Competencias que es la evaluación de competencias.

Según Tobón, Prieto y Fraile (2010) las competencias se pueden evaluar mediante rúbricas, que son matrices de doble entrada que brindan al estudiante información sobre cómo va a ser evaluado. Para construirla es necesario elegir primero los criterios de evaluación que se colocarán en las filas de la rúbrica, en este caso se consideraron cuatro criterios para evaluar los tres tipos de saberes: SC; SH y SS.
Una vez determinados los criterios, se deben puntuar los mismos de modo tal que la suma total de puntos sea 100%. Se establecen también los niveles de dominio los cuales encabezan las columnas de la rúbrica, en este caso se consideraron cuatro dominios: principiante, básico, autónomo y avanzado. Por último, se completa el cuerpo de la tabla con los descriptores. A continuación, enunciamos los cuatro criterios seleccionados para evaluar nuestro RA.

- Criterio 1: [Identifica] [con fundamento diferentes transformaciones lineales] [tanto en forma gráfica como por simple inspección.]
- Criterio 2: [Comprueba] [que una función es transformación lineal] [aplicando su definición.]
- Criterio 3: [Encuentra] [la ley de transformación asociada a ciertas transformaciones geométricas] [empleando para ello la representación gráfica.]
- Criterio 4: [Escucha] [los puntos de vista de sus compañeros] [respetando las diferencias personales.]

A continuación, se presenta en la Tabla 2 la rúbrica propuesta con los descriptores correspondientes a cada dominio. La Tabla 3 muestra el puntaje asignado a cada descriptor. El puntaje mínimo para aprobar corresponde al 60% que equivale al nivel autónomo cuya nota correspondiente es seis.

Tabla 2

Rúbrica Analítica para evaluar un RA referido al objeto TL.

		Avanzado	Autónomo	Básico	Principiante
Criterio 1	20%	Identifica con fundamento diferentes TL tanto en forma gráfica como por simple inspección.	Identifica ro fundamentando vagamente diferentes TL en forma gráfica como por simple inspección.	Identifica sin fundamentar diferentes TL tanto en forma gráfica como por simple inspección.	Identifica sin fundamento TL en una sola forma o gráfica o por simple inspección.
Criterio 2	30%	Determina de forma completa y clara que una función es o no TL empleando la definición.	Determina de forma poco clara que una función es o no TL empleando la definición.	Determina de forma in-completa y poco clara que una función es o no TL empleando la definición.	Comete errores al determinar si una función es o no TL empleando la definición.
Criterio 3	40%	Encuentra la ley de transformación geo-métrica empleando para ello la representación gráfica.	Realiza la representación gráfica de la TL pero comete errores mínimos en la determinación de la ley de la TL.	Comete errores en la representación gráfica de la TL pero encuentra la ley acorde a su error.	Comete errores en la representación gráfica y en la determinación de la ley de la TL.
Criterio 4	10%	Escucha atentamente a sus pares y expone su opinión de una manera respetuosa.	Escucha a sus compañeros pero impone su punto de vista a los demás.	Escucha a sus pares pero no participa dando su opinión al respecto.	No escucha a sus compañeros, interrumpe mientras exponen.

Tabla 3

Puntajes para cada Descriptor para la Rúbrica Analítica para evaluar un RA referido al objeto TL.

		Avanzado 10p	Autónomo 6p	Básico 4p	Principiante 2p
Criterio 1	20%	2,00	1,20	0,80	0,40
Criterio 2	40%	4,00	2,40	1,60	0,80
Criterio 3	30%	3,00	1,80	1,20	0,60
Criterio 4	10%	1,00	0,60	0,40	0,20
Mínimo: 6,00	100%	10,00	6,00	4,00	2,00

RESULTADOS

Este trabajo es producto del curso de Posgrado "Formación por Competencias, Aprendizaje Centrado en el Estudiante y Estándares de Acreditación de Segunda Generación para Ingeniería" organizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones y auspiciado por CONFEDI, el mismo es por el momento sólo un trabajo teórico que se llevará a la práctica en el primer semestre del ciclo lectivo 2023. Se pretende ampliar este trabajo agregando RA correspondientes a distintos saberes comprendidos en el programa de la asignatura, incorporando así el espacio curricular al nuevo modelo de enseñanza.

DISCUSIÓN

En este proceso de transición camino al Modelo de Formación por Competencias, el docente debe enfrentar varios retos (Ayala, Francisco 2020):

- ✓ Capacitarse en el nuevo modelo, ya que el éxito de este cambio depende de la convicción y la claridad que tengan los profesores de este nuevo modelo curricular.
- ✓ Cambiar su paradigma de enseñanza, deja de ser el docente el centro del proceso de enseñanza–aprendizaje para darle lugar al alumno quien pasa a ser el eje principal del proceso.
- ✓ Modificar el sentido de su práctica educativa: el objetivo ya no es brindarle al alumno todos los conocimientos, sino prepararlo

para que frente a situaciones problemáticas que se le presentes pueda integrar y utilizar dichos conocimientos, habilidades y actitudes para buscar soluciones efectivas

- ✓ Rediseñar las actividades a desarrollar en el curso: las mismas deben apuntar a una participación activa del educando en su propio proceso de aprendizaje.
- ✓ Rever las técnicas de evaluación: evaluar competencias no es lo mismo que evaluar objetivos de aprendizaje, por lo que el docente debe adquirir nuevas técnicas de evaluación.

A lo expresado precedentemente, se pueden sumar otros factores como lo son la cantidad de alumnos en primer año de la carrera de ingeniería, la heterogeneidad de los mismos, la disponibilidad de aulas, la disposición de los bancos dentro del aula, la cantidad de cargos docentes en la cátedra, etc. Esta migración hacia el Modelo de Formación por Competencias será un cambio que se irá logrando en forma paulatina; lo importante es que los docentes estemos predispuestos a ello.

CONCLUSIONES

Dado que este modelo de enseñanza es relativamente nuevo en las carreras de ingeniería y ante la existencia de escasos trabajos que puedan servir como guía, la implementación será la propia de la tarea docente en el rol de investigación-acción, para que, en otras palabras, “a prueba y error”, aprendamos, reconociendo los errores y realizando los cambios necesarios para alcanzar el objetivo que es lograr que nuestros alumnos vayan construyendo sus competencias profesionales de manera gradual y progresiva a lo largo de toda la carrera, comenzando desde las primeras materias básicas como lo es el espacio curricular Álgebra.

REFERENCIAS

Ayala Aguirre, F. [Observatorio del Instituto para el Futuro de la Educación] (27/02/2020). *Retos del profesor en un modelo de educación basado en competencias* [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=BhLN9Sf5TKA&t=3s&ab_channel=Observatorio%7CIFE

CONFEDI (2006). *Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina.* Universidad Nacional de San Juan.

CONFEDI (2017). *Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería*. Comisión de Estándares 2017 ed. https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2021/07/MARCOC1.pdf

CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la República Argentina "Libro Rojo de CONFEDI"* (1ra ed.). Universidad FASTA Ediciones. https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf

Kowalski, V. A., Morano, D. E., Erck, I. M., Cirimelo, S. D. & Enriquez, H.D. (2019*). ¿Qué debemos cambiar para orientarnos a un enfoque basado en competencias?* (Serie Materiales de Apoyo). Universidad Nacional de Misiones.

Perrenoud, P. (2007). *Diez nuevas competencias enseñar: Invitación al viaje* (5ta ed.)*.* Graó.

Tobón Tobón, S., Pimienta Prieto, J. H., y García Fraile, J. A. (2010). *Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de competencias.* Pearson Educación.

3Blue1Brown [3Blue1Brown] (07/08/2016). *Transformaciones lineales y matrices* | *Esencias del álgebra lineal, capitulo 3* [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=kYB8IZa5AuE&ab_channel=3Blue1Brown

* * *

JUEGO DE ESCAPE DIGITAL: UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EN QUÍMICA GENERAL

Liliana Ferrer[1]; Marcela Rodríguez[1]; Antonella Albornoz[1]

[1] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.

liliferrer2012@gmail.com, marcela.rodriguez.aghem@gmail.com

Resumen: El propósito de este trabajo es diseñar una experiencia de aula que incluye tecnologías pero que, además, genera posibilidades de desarrollar en el estudiantado competencias específicas de conocimiento de la Química General y competencias generales de trabajo colaborativo, resolución de problemas, pensamiento crítico y diálogo y negociación en un equipo. Se diseñó un juego de escape para desarrollar la Unidad 8: Soluciones, de la asignatura Química General para estudiantes de segundo año de la carrera de Ingeniería Electrónica. En este juego de escape, a través de actividades lúdicas, el estudiantado sigue pistas, resuelve acertijos y preguntas con el objetivo de salir de un laboratorio y finalizar un informe de investigación. Como instrumentos para recabar información para evaluar la actividad se utilizó la observación por parte de los docentes durante el desarrollo de la clase y una encuesta realizada al estudiantado. Los resultados muestran una evaluación positiva, particularmente en términos del grado de motivación y esfuerzo, aspectos clave para el éxito del aprendizaje.

Palabras claves: escape room, TIC, química

INTRODUCCIÓN

Las TIC, y en especial las tecnologías móviles, promueven aprendizajes significativos y enriquecen las oportunidades educativas (Sierra-Daza y Fernández-Sánchez, 2017). Especialmente en el área de las ciencias, numerosos autores mencionan la ventaja de utilizar las TIC para el proceso de enseñanza aprendizaje (Ausín, 2016; Bustillo, 2022; Farré, 2020; Parrales Rodríguez, 2021). Sin embargo, la integración exitosa de

la tecnología en el aula se produce cuando los docentes centran su atención en las experiencias de aula y no en los recursos tecnológicos usados para llevar a cabo esa actividad. Recuperamos aquí lo que Maggio (2012) llama “enseñanza poderosa”, que no es ni más ni menos que una propuesta original, con alternativas sorprendentes, creada por el docente. Los docentes que llevan adelante propuestas de enseñanza poderosa se destacan por lo que crean y por lo que dejan a los estudiantes, que perdura a lo largo del tiempo. Al mismo tiempo la autora afirma que, en esta época, las TIC generan grandes y muy diversas posibilidades para la enseñanza poderosa. Asimismo, introduce también el término inclusión genuina, que reconoce el lugar y el sentido de la tecnología en la construcción del conocimiento y lo refleja en el diseño de la práctica de enseñanza.

La cátedra de Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, viene trabajando desde hace algunos años utilizando las TIC y el aula virtual como apoyo a la presencialidad. La asignatura se dicta en el segundo semestre del segundo año de las carreras de Ingeniería Industrial y de Petróleos. Durante el año 2020, en el contexto de pandemia, los docentes tuvimos que adaptar las clases de forma abrupta de la presencialidad a la virtualidad, y en el año 2021, durante la vuelta gradual a la presencialidad post pandemia, tratamos de diseñar actividades que colaboraran para desarrollar competencias necesarias en el perfil del egresado de la facultad. En este sentido encontramos que la gamificación y especialmente los juegos de escape permitían adquirir competencias específicas como la adquisición de conocimientos básicos de la asignatura, y competencias transversales como la organización y planificación de tareas, además de incrementar la capacidad de análisis, potenciando la capacidad de trabajar de forma colaborativa (Martínez y Moral, 2015). Según Rosales-Peláez (2019), para que un escape room resulte atractivo para los participantes, el juego debe tener los siguientes ingredientes fundamentales:

- Una historia que despierte la curiosidad de los jugadores, ya que aumentará su nivel de implicación en el juego. La historia puede estar centrada en un hecho real o ficticio, histórico o actual.

- Una ambientación lo suficientemente buena para sumergir a los jugadores de lleno en la historia que se cuenta. Puede ser una decoración muy elaborada o simplemente una serie de detalles bien dispuestos en la habitación donde se desarrolla el juego.
- Unos enigmas originales y suficientemente complicados como para que el jugador medio necesite un cierto tiempo para resolver cada uno de ellos.

Batistello y Pereira (2019) además citan como ventajas de los juegos, la diversión y el placer en una amplia gama de situaciones, sin el objetivo de buscar un ganador, sino de agrupar a un público promoviendo el aprendizaje y la solución de problemas. Además, brindan posibilidades para la retroalimentación inmediata, informes de progreso y recompensas (Sierra-Daza y Fernández-Sánchez, 2019) que motivan para ese avance En vistas de ello, se diseñó un juego de escape para desarrollar la Unidad 8: Soluciones, de la asignatura Química General para estudiantes de segundo año de la carrera de Ingeniería Electrónica.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es relatar una experiencia de aula que incluye tecnologías pero que, además, genera posibilidades de desarrollar en el estudiantado competencias específicas de conocimiento de la Química General y competencias generales de trabajo colaborativo, resolución de problemas, pensamiento crítico y diálogo y negociación en un equipo." Esta actividad fue diseñada e implementada para con el fin de motivar a los estudiantes, además de enseñar algunos conceptos de química general, correspondientes a la unidad de Soluciones. La actividad planteada en este trabajo aborda los siguientes conceptos curriculares: Concepto de solución. Concepto de soluciones saturadas, insaturadas y sobresaturadas. Curvas de solubilidad. Ley de Henry. Propiedades coligativas.

METODOLOGÍA. DESCRIPCIÓN DEL JUEGO

Método: El juego de escape se realizó en el aula, pero lo jugaron los estudiantes con sus dispositivos móviles (teléfonos, tablets, notebooks), para sortear los acertijos pudieron usar apuntes, búsqueda en internet o lo que consideraran podía serles útil. El

juego se realizó de a pares, cada estudiante de la dupla recibió un link para ingresar a un formulario Google, en el que se iban planteando retos u obstáculos a ir sorteando. El trabajo colaborativo se fomentó con el uso del juego de escape, ya que las pistas que recibían cada uno de los integrantes debían complementarse entre sí para poder saltar los obstáculos encontrados en los dos formularios Google.

Temática. Para el desarrollo del juego se usó la siguiente historia: Dos estudiantes, amigos, que viven en el mismo edificio, se dirigen a la facultad a hablar con su directora de proyecto. En el día anterior, los estudiantes habían hecho descubrimientos muy importantes para la investigación y habían escrito un informe. Hoy debían darle ese informe a la directora y explicarle los logros del día anterior. Cuando llegan a los laboratorios de la facultad, este informe se ha perdido. Para colmo tienen una serie de inconvenientes para prender la PC para imprimir el duplicado del informe. Empiezan a sortear una serie de obstáculos que van encontrando para encontrar el informe. (Figuras 1, 2, 3)

FIGURA 1

Comienzo del juego de escape. Historia falsa

FIGURA 2

Primer acertijo en uno de los formularios google

Es una combinación que siempre vas a encontrar, porque nunca se van a olvidar los cascos.

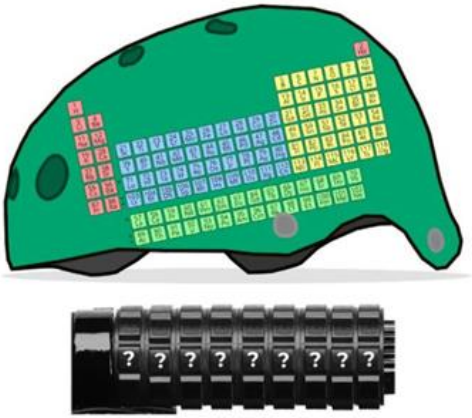


FIGURA 3

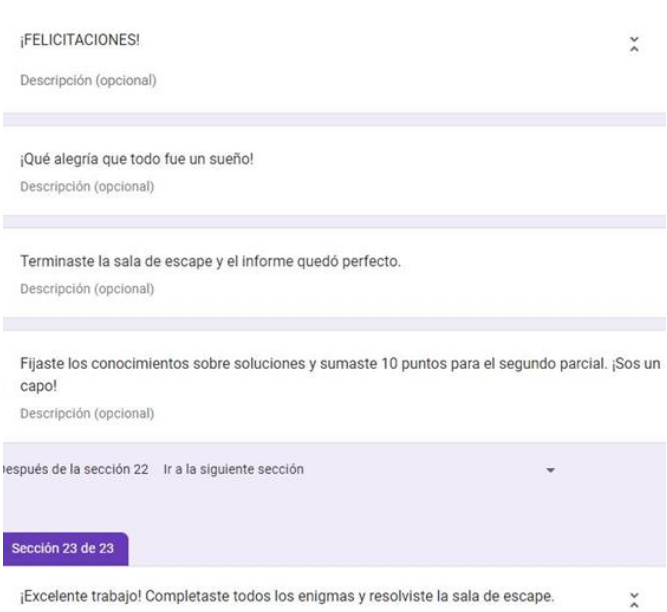
Ejemplo de un acertijo en uno de los formularios google

Vas al teléfono y buscás a María en la agenda. Para tu sorpresa ves que, en lugar de su foto de perfil, aparece un problema. ¡No! Y ahora cómo vas a saber el número de interno? A pensar con tu compañero... A ver si tiene otra pista para encontrarlo...

¿Cómo se consigue terminar el escape room? Se han diseñado varias actividades que tienen que resolver de a pares para poder llegar al final del juego. Se trata de un itinerario de resolución lineal en los dos formularios, pero deben complementarse para llegar a la pista que los deje pasar a la siguiente etapa. Todas las pruebas están relacionadas con problemas o preguntas teóricas de Soluciones. Cada pista llevará a un código que permitirá pasar a la etapa siguiente, así hasta llegar al final del juego (Figura 4)

FIGURA 4

Final del juego



La historia en la que se base el juego de escape puede ser de temáticas muy diferentes, la única precaución a tener en cuenta es que justifique todas las actividades que los estudiantes van a realizar a lo largo del juego.

Observación de los docentes

Durante el desarrollo del juego, los docentes de la asignatura tuvimos como función ayudar a los estudiantes encontrar las pistas necesarias para pasar cada etapa. Si bien no tuvimos demasiada actividad porque los estudiantes intentaban pasar las pistas sin demasiada ayuda, pudimos observar que cuando necesitaban aclaraciones era porque no leían bien las consignas o no las leían completas. Es decir, intentaban descifrar la pista, pero ambos estudiantes no habían prestado demasiada atención a todos los detalles.

Los docentes pudimos observar desde el comienzo de la actividad que se trabajó en un clima distendido, de alegría, de suma colaboración dentro de los pares, aunque también se pudo percibir competencia con las otras parejas. Se escucharon comentarios como: “¡qué divertido!”, “podríamos repetirlo”, “es la primera vez que participo de un juego de este estilo”, “nunca hemos jugado en otra materia”, “no diría que me ayudó más a aprender, pero sí que fue un buen cambio de ritmo a la hora de aplicar los conocimientos de las clases”. Todos los estudiantes completaron el juego en el tiempo establecido, sin necesitar demasiada ayuda de los docentes.

Encuestas realizadas

Al finalizar el juego se realizó una encuesta con el fin de conocer la percepción del estudiantado sobre el juego de escape. Algunos resultados obtenidos fueron los siguientes:

FIGURA 5

Respuestas encuesta a estudiantes

CONCLUSIONES

Estamos de acuerdo con Lozano y Sánchez (2021) en que el uso de este tipo de herramientas tecnológicas no es sinónimo de una mejora en el aprendizaje de los estudiantes, pero trabajar de manera lúdica con el alumnado crea un clima distendido, alegre, motiva y despierta interés. Todos estos elementos son la base para una posible mejora en el proceso de enseñanza aprendizaje. La observación de los docentes durante el desarrollo de la actividad y la encuesta realizada una vez finalizada la misma, indican que la valoración por parte de los estudiantes ha sido positiva. Creemos que fue muy positiva esta primera aproximación como docentes a un juego de escape.

REFERENCIAS

Ausín, V., Abella, V., Delgado, V. & Hortigüela, D. (2016). Aprendizaje Basado en Proyectos a través de las TIC. Una Experiencia de Innovación Docente desde las Aulas Universitarias. *Formación universitaria*, *9*(3), 31-38. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062016000300005&script=sci_arttext&tlng=en

Bustillo, M., Ferrer, L., Videla, S., Ohanian, G. & Vardaro, S. (2022). Implementación de realidad aumentada en la química orgánica. *Educación En La Química*, *28*(01), 74–83. https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/77/258

Batistello, P., & Pereira, A. T. C. (2019). El aprendizaje basado en competencias y metodologías activas: aplicando la gamificación. *Revista científica de Arquitectura y Urbanismo, 40*(2), 31-42 https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/536/0

Farré, A. S. (2020). Enseñar química en tiempos anormales. *Educación En La Química*, *26*(01), 49–64.

Lozano Lucia, O. R., y Sánchez López de Andujar, A. (2021). Diseño, aplicación y resultado de una estrategia de ludificación como actividad de cierre en clases de química. *Educación química, 32*(4), 59-73.

Maggio, M. (2014). Enriquecer la enseñanza superior: búsquedas, construcciones y proyecciones. *InterCambios: Dilemas y Transiciones de la Educación Superior, 1*(1), 62-71

Maggio, M. (2012). *Enriquecer la enseñanza* (Vol. 1). Paidós.

Martínez, L. V., & del Moral Pérez, M. E. (2015). Gamificación: Estrategia para optimizar el proceso de aprendizaje y la adquisición de

competencias en contextos universitarios. *Digital Education Review*, *13* (junio), 13-31.

Parrales Rodríguez, V. del R. (2021). Las TIC y la educación en los tiempos de pandemia. *Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas*, *14*(6), 104-117.

Rosales-Peláez, P., Beltrán, F. R., Ruiz-Santaquiteria, M., Ramírez, J., Conde, M. M., & Díaz-Lorente, V. M. (2019). Desarrollo y aplicación de un escape room sobre la tabla periódica (No. COMPON-2019-CINAIC-0103). https://zaguan.unizar.es/record/84622/files/103.pdf

Sierra Daza, M. C. S., & Sánchez, M. R. F. (2017). Percepción de los videojuegos en educación social: una visión de género. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (7), 135-148. https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/2308

Sierra Daza, M. C., & Fernández-Sánchez, M. R. (2019). Gamificando el aula universitaria. Análisis de una experiencia de Escape Room en educación superior. *Revista de estudios y experiencias en educación, 18*(36), 105-115.

* * *

ACELERACIÓN LINEAL EN EL MOVIMIENTO CIRCULAR: SU PRESENTACIÓN EN TEXTOS PARA CARRERAS DE INGENIERÍA

Liliana Ledesma[1]; Cecilia Pocovi[2]

[1] Universidad Nacional de Salta.
[2] Consejo de Investigación del UNSa.
lledesma@ing.unsa.edu.ar, cpocovi@gmail.com

Resumen: Uno de los aspectos más relevantes a lograr en el cambio conceptual que se lleva a cabo durante el aprendizaje de un concepto, es la comprensión de su naturaleza u ontología. El presente trabajo consta de dos partes. En la primera, se realizó el análisis ontológico del concepto de aceleración lineal en el movimiento circular. A partir del análisis se concluyó que la aceleración lineal es un concepto perteneciente a la categoría tipo Procesos Directos o Secuenciales. La segunda parte se planteó teniendo en cuenta que, a nivel universitario, los libros de texto constituyen uno de los recursos más comunes en los que se describe la ontología de un concepto. Así, se analizó la presentación del concepto de aceleración lineal en el movimiento circular en los libros de texto de Física de nivel universitario básico utilizados frecuentemente en las carreras de ingeniería. El protocolo de análisis se elaboró de manera tal que permitiera detectar los aspectos ontológicos del concepto explicitados en los textos y las traducciones entre distintos códigos. Los resultados muestran que: a) en los libros de texto analizados, la naturaleza del concepto se describe con distinto grado de explicitación. En algunos de ellos se han detectado expresiones que pueden dar lugar a una inadecuada categorización ontológica del concepto por parte del lector, b) el sistema simbólico presente en los textos (ecuaciones, gráficos y esquemas) no siempre está acompañado de la correspondiente traducción al sistema lingüístico, lo cual podría dificultar la comprensión.

Palabras claves: cambio conceptual, aceleración, ontología, sistema de representación.

INTRODUCCIÓN

En el área de Enseñanza de las Ciencias se han desarrollado numerosas teorías con el objetivo de describir los procesos involucrados en el aprendizaje de conceptos científicos, enmarcadas en lo que, de manera general, se ha denominado, Cambio Conceptual. Entre estas teorías, fue la sugerida por Chi en 1992 y perfeccionada a lo largo de los años, la que centró su interés en la relevancia del aprendizaje de la ontología o naturaleza de un concepto para lograr una adecuada comprensión de éste. El marco teórico propuesto por Chi (Chi, 1992; 2005, 2008, 2013, Slotta y Chi, 2006) se basa en que las entidades del mundo son de distinta naturaleza y el aprendizaje de un determinado concepto involucra el aprendizaje de su ontología por parte del estudiante. En tal sentido Chi plantea que si una persona conoce acabadamente una entidad es porque existe un isomorfismo entre la categorización ontológica intrínseca de la entidad y la categorización que el alumno le asigna a dicha entidad.

A nivel universitario, uno de los recursos más utilizados para presentar los atributos ontológicos de un concepto a los estudiantes es por medio de las descripciones lingüísticas y simbólicas presentes en los libros de texto. En esta investigación, se estudió la presentación del concepto de aceleración lineal en el movimiento circular en los libros de texto que se utilizan en las distintas carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

La aceleración lineal en el movimiento circular, como todo concepto, posee cierta naturaleza u ontología. Entonces, en la primera parte de esta investigación se estudió a qué categoría ontológica pertenece el concepto. Mientras que, en la segunda parte de este trabajo se analizaron libros de textos utilizados por los estudiantes a nivel universitario básico. Dicho análisis se centró en determinar qué aspectos ontológicos del concepto son presentados en estos materiales didácticos y también, el grado de traducción entre los distintos sistemas (simbólico y lingüístico), que se emplean para describir la naturaleza del concepto.

MARCO TEÓRICO

A continuación, se describirán brevemente los abordajes teóricos que se seleccionaron para el diseño de la investigación y se

mostrará en qué contribuirá cada marco a la investigación planteada.

I. Cambio Conceptual Ontológico

El conocimiento de la naturaleza de los conceptos o conocimiento ontológico, esto es cómo la naturaleza de los conceptos es identificada y aprendida, ha sido investigada desde hace varias décadas por científicos cognitivos (Keil, 1979). En tal sentido, señala que, la ontología o naturaleza de las ideas se manifiesta mediante varios fenómenos, como, por ejemplo, el uso de predicados. Cabe hacer una aclaración: por las características del lenguaje utilizando en ciencias como Física, muchas veces la descripción ontológica de las distintas entidades no se restringe al uso de frases o proposiciones construidas con palabras (Slotta, et al.,2006).

En 1992, Chi y su equipo retoman las ideas de Keil y presentan su Teoría de Cambio Conceptual en la cual se afirma que las entidades en el mundo son de distinta naturaleza u ontología y proponen un número reducido de categorías ontológicas principales: Entidades (llamada así a partir de 2005, pero que comenzó llamándose Materia), Procesos y Estados Mentales, a las cuales se pueden asignar los conceptos. La categoría de conceptos tipo Entidad contiene a la subcategoría “Seres vivos” y Objetos “Inanimados”; la categoría de conceptos tipo Proceso se subdivide en las “Procesos Secuenciales” y “Procesos Emergentes”

A partir de los aportes realizados por Chi y su equipo (Chi, 2005, 2013, Reiner et al., 2000, Slotta y Chi, 2006), se determinó que los conceptos tipo Proceso se caracterizan por presentar componentes que interactúan entre sí y dan lugar a un patrón observable o resultante. La diferencia entre los Procesos Secuenciales y Procesos Emergentes radica en las distintas formas de interacción existente entre sus componentes y sus componentes y el patrón. Si bien los Procesos Emergentes son de gran importancia entre los conceptos de Física, limitaremos la descripción a los Procesos Secuenciales que, como se verá resulta ser la categoría a la cual pertenece el concepto de aceleración lineal (analizada para el caso del movimiento circular).

Este marco teórico se utilizó para las dos partes de esta investigación: por un lado, permitió la categorización ontológica del

concepto de aceleración lineal en el movimiento circular y, por otro lado, guió el diseño del protocolo para realizar el análisis de los libros de texto. A continuación, se detallan los atributos ontológicos correspondientes a “Procesos Secuenciales”. Las componentes de un proceso Secuencial son de diferente naturaleza, interactúan de manera restringida y secuencial, se puede identificar una terminación de la interacción y las componentes son dependientes entre sí (Chi, 2005; 2013). También, los conceptos tipo Proceso Secuencial pueden ser categorizados considerando los tipos de interacciones entre las componentes y el patrón observado (Chi, 2005): una sola componente puede producir el patrón observado; los mecanismos que produce el patrón observado involucran un cambio incremental; los eventos locales y el patrón observado actúan de forma correspondiente.

A continuación, se describirán los aspectos más relevantes del segundo marco teórico empleado en esta investigación. Este segundo abordaje teórico está referido a las características de los textos que se emplean en clase de Física y que afectan la comprensión de los estudiantes.

II. Características de los libros de Física

La comprensión de conceptos científicos a partir de textos multisemioticos, es decir, aquellos en los cuales la información es presentada utilizando distintos sistemas semióticos (verbal, lingüístico, gráfico, entre otros) ha sido estudiada desde distintas perspectivas teóricas. Por ejemplo, (Parodi y Julio, 2017) en su Teoría de la Comunicabilidad, TC, plantean que cuando los lectores novatos se enfrentan con textos compuestos por más de un sistema semiótico (por ejemplo, lingüístico y gráfico), tienden a extraer el significado a partir de las palabras presentes en el texto en desmedro de los otros sistemas semióticos presentes. En esta misma línea de investigación Alexander y sus colaboradores (Alexander y Kulikowich,1994; Alexander y Jetton, 2000; Loughlin et al.,2015) señalan que en el caso de los textos que se emplean en clases de Ciencias, los lectores, deben moverse mentalmente entre el sistema simbólico (ecuaciones, gráficos y esquemas) y lingüístico (frases y proposiciones) que se emplean para presentar la información. En relación a cómo afecta a los estudiantes esta característica de los textos científicos, Alexander y Jetton (2000)

destacan que los requerimientos de procesamiento de la información leída aumentan cuanto menos abundantes y explicitas son las traducciones lingüísticas presentes en los textos, en tal sentido Jetton y Lee (2012) señalan que la comprensión de textos científicos se facilita cuando existe una adecuada integración entre el sistema simbólico y lingüístico. Más aún, destacan que los estudiantes hacen mejor uso de la información cuando el fenómeno es expresado en forma verbal.

La Física hace uso del lenguaje matemático para expresar de manera concisa, formal y rigurosa las leyes y ecuaciones que rigen los distintos fenómenos (Alexander y Kulikowich, 1994). Es sabido que, si bien un experto puede comprender la ontología de un concepto analizando el sistema simbólico, esta comprensión resulta extremadamente difícil para una persona novata en el tema, como lo son los alumnos que estudian un concepto por primera vez (Slotta y Chi, 2006). La ontología o naturaleza de un concepto está íntimamente ligada con los predicados que pueden usarse con ella para la formación de oraciones consistentes. En tal sentido, investigaciones llevadas a cabo sobre el aprendizaje de la ontología de un concepto a partir de textos (Pocovi y Hoyos, 2011) detectaron que ciertas expresiones lingüísticas pueden llevar a los alumnos a entender el concepto como de naturaleza distinta a la científicamente aceptada. Esto implica que el texto que acompaña la presentación de un concepto debe estar focalizado en resaltar los atributos ontológicos de éste. Más aún, el sistema simbólico debería acompañarse de una adecuada traducción al sistema lingüístico centrada en la descripción de la naturaleza del concepto que representa. Es justamente en este aspecto en el que se focalizó el diseño del protocolo para el análisis de los libros de texto.

METODOLOGÍA

En la primera parte de esta investigación, se llevó a cabo el análisis ontológico de la definición cinemática de la aceleración lineal en el movimiento circular para poder, a partir de éste, determinar cómo es presentada la naturaleza del concepto en los libros de texto. Para ello se siguieron los lineamientos propuestos por Chi (1992, 2005, 2008, 2013) y otros (Slotta y Chi 2006, Reiner et al., 2000). En el caso de conceptos que pertenecen, por su naturaleza, a la categoría Proceso, Chi sugiere que primero se deben identificar las

componentes y el patrón resultante y luego, a partir del análisis de las interacciones entre las componentes y entre las componentes y el patrón resultante, determinar si el tipo de Proceso asociado al concepto es tipo Secuencial o Emergente.

En la segunda parte de este trabajo, el análisis de la presentación del concepto aceleración lineal en el movimiento circular en los textos seleccionados, se llevó a cabo mediante un estudio genérico de caso (Marradi, 2012). Según Marradi et al. (2012), el estudio de casos constituye una estrategia de indagación adecuada ya que permite lograr una caracterización profunda del objeto bajo estudio que incluye la descripción e interpretación del fenómeno investigado. Así, se describieron características de los textos que podrían afectar la comprensión que logra el lector acerca del concepto de aceleración lineal. El diseño del protocolo de análisis de los textos se centró en: a) Detectar los distintos aspectos ontológicos del concepto explicitados en los textos y b) Analizar la traducción entre los distintos códigos presentes en este material escrito.

Para llevar a cabo esta segunda parte de la investigación, se seleccionaron 3 libros de Física de nivel universitario básico que comúnmente son consultados por los estudiantes que cursan la materia Física I en las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

Teniendo en cuenta que el resultado de la primera parte de la investigación había establecido que el concepto de aceleración pertenece, por su naturaleza, a la categoría de conceptos tipo Procesos Secuenciales, la investigación se centró en estudiar los atributos que a continuación se detallan: el patrón resultante, las componentes a nivel global y constitutivo y la interacción entre componentes y entre componentes y el patrón resultante. El análisis de dichos atributos ontológicos se realizó en todos los sistemas semióticos presentes en el texto (sistema lingüístico y sistema simbólico que incluye ecuaciones y gráficos).

Por ejemplo, se considera que existe una adecuada presentación lingüística del patrón resultante (aceleración en el movimiento circular) si en el texto se usan expresiones tales como: “la aceleración en el movimiento circular se define como el límite cuando el intervalo de tiempo se aproxima a cero, del cociente entre la variación del vector velocidad instantánea y el intervalo de

tiempo”. En cambio, se considera que la presentación lingüística del patrón resultante no es adecuada, sino incompleta, si se limita a expresiones tales como: “la aceleración es la derivada de la velocidad en función del tiempo”. Como es obvio, mientras la primera expresión hace referencia explícita al carácter vectorial del cambio en la velocidad, la segunda expresión, no. Siendo este carácter un atributo ontológico fundamental en la asignación de la ontología de la aceleración, se categorizan a las expresiones en los textos como completas o incompletas. Con respecto a la presentación simbólica, se analizaron las ecuaciones, gráficos y esquemas utilizados para presentar la ontología del concepto, por ejemplo, al describir la aceleración centrípeta se considera que la presentación matemática es adecuada si se usan ecuaciones tales como las que se muestran en la Figura 1.

Figura 1
Ecuaciones que describen la aceleración centrípeta

$$\vec{a}_c = a_c(-\vec{u}_r) \qquad \vec{a}_c = \frac{v^2}{r}\,(-\vec{u}_r)$$

En forma análoga a lo trabajado en el sistema lingüístico, no se consideró como presentación adecuada de la aceleración centrípeta si se indicaba solamente la magnitud, pero no la dirección y sentido del vector y se considera que la presentación es incompleta pues no refleja atributos ontológicos de ésta.

RESULTADOS

Primera Parte: Análisis Ontológico del Concepto Aceleración lineal en el Movimiento Circular

En el caso de la aceleración lineal en el movimiento circular, el patrón resultante será un movimiento acelerado. En este trabajo, la atención se centrará en la descripción de la dirección, magnitud y sentido de la aceleración resultante. Con respecto a las componentes ontológicas del concepto, estas se discutirán en dos niveles: a nivel global y a nivel constitutivo siguiendo a Chi (2005, 2013). A nivel global se estudiarán las componentes ortogonales de la aceleración instantánea y a nivel constitutivo se evaluará cada componente del nivel global en función de las variables que se utilizan para definirlas.

A continuación, en la Tabla 1, se muestra el patrón resultante y las componentes a nivel global y constitutivo para el caso de la aceleración instantánea en el movimiento en dos o tres dimensiones.

Tabla 1

Patrón y componentes de la Aceleración Lineal en el Movimiento Angular

Aceleración lineal en el movimiento circular		
Patrón resultante		$\vec{a} = lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$
Componentes	Nivel global	$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_c$
	Nivel constitutivo	$\vec{a} = a_t(\vec{u}_t) + a_c(-\vec{u}_r)$ $a_t = \frac{dv}{dt},\ a_c = \frac{v^2}{r}$

En cuanto a las interacciones entre las componentes, se puede observar que su comportamiento es diferente, ya que, por una parte, la componente tangencial de la aceleración, $\vec{a}_t$, a nivel global es una magnitud cuya dirección es tangente a la trayectoria y a nivel constitutivo es proporcional al cambio con respecto al tiempo de la magnitud de la velocidad. Además, la componente centrípeta de la aceleración, $\vec{a}_c$, a nivel global es una magnitud cuya dirección es normal a la trayectoria y a nivel constitutivo es proporcional al cuadrado de la magnitud de la velocidad e inversamente proporcional al radio de curvatura. La interacción entre las componentes de la aceleración lineal en el movimiento circular no es azarosa sino restringida. A nivel global, las direcciones de las componentes son siempre ortogonales.

A nivel constitutivo, la magnitud de la aceleración centrípeta está dada por un cociente en el cual el numerador es el cuadrado de la magnitud de la velocidad y el denominador es la longitud del radio de curvatura, y la magnitud de la aceleración tangencial es igual a

la razón de cambio de la magnitud de la velocidad. Las componentes se calculan en base a diferencias secuenciales. La magnitud de la aceleración tangencial se encuentra calculando el cambio infinitesimal de la magnitud de la velocidad, dv, que tiene lugar en el intervalo de tiempo correspondiente y pequeño, dt. La interacción entre las componentes de un proceso secuencial termina cuando no existe patrón; es decir, la aceleración tangencial y centrípeta son nulas cuando el movimiento no es acelerado.
Además, en relación a la interacción componentes-patrón resultante la aceleración centrípeta y la aceleración tangencial tienen un estatus bien diferenciado en el rol que cumplen en el movimiento resultante. Mientras que, la aceleración centrípeta es responsable del cambio de dirección de la velocidad de la partícula, la aceleración tangencial es responsable del cambio de magnitud de la velocidad de la partícula. El comportamiento de las componentes afecta en forma directa el patrón observado ya que un cambio de valor de cualquiera de las componentes resulta en un movimiento acelerado diferente. Por ejemplo, a nivel global, si la aceleración tangencial es nula la magnitud de la velocidad de la partícula permanece constante y la aceleración instantánea solo tendrá componente radial. Las componentes son de carácter incremental. El comportamiento de algunas componentes se corresponde con el patrón observado; así la aceleración tangencial y centrípeta se corresponden con la dirección, magnitud y sentido de la aceleración instantánea resultante.
El análisis previo permite concluir que, tanto la interacción entre las componentes como las interacciones entre las componentes y el patrón observado corresponden a un concepto perteneciente a la categoría ontológica “Procesos Secuenciales”.

Segunda Parte: Presentación del Concepto de Aceleración Lineal en los Libros de Texto.

A continuación, se muestran los aspectos más importantes del análisis de cada uno de los textos. Por razones de espacio, no se puede describir la presentación completa de cada texto. Se recomienda al lector consultar los libros seleccionados para tener una idea cabal del abordaje mostrado. Giancoli (2008) desarrolla el tema en dos capítulos distintos. En el capítulo 3, “Cinemática en dos o en tres dimensiones” sección 6, se presenta la definición

cinemática del concepto de aceleración instantánea. En el texto lingüístico se limita sólo a mencionar a la aceleración instantánea como el límite del vector aceleración promedio cuando el intervalo de tiempo tiende a cero. El sistema simbólico consta de la expresión matemática del concepto y de un dibujo en el que sólo se muestra el cambio de velocidad de la partícula, pero no se muestra el vector que representa la aceleración. En el capítulo 5, “Aplicaciones de las leyes de Newton: Fricción, movimiento” sección 5.2 y en la sección 5.5 se describen el Movimiento Circular Uniforme y el Movimiento Circular No Uniforme, respectivamente. La presentación lingüística del patrón resultante se limita a la descripción de la aceleración instantánea como la suma de dos componentes. Con respecto a las componentes, la presentación lingüística incluye su descripción en los distintos niveles analizados (global y constitutivo). Sin embargo, es necesario llamar la atención que esta descripción se realiza en distintas secciones. Así, en la sección 5.2 se lleva a cabo una presentación verbal de la aceleración centrípeta y, en la sección 5.5, una presentación lingüística de la aceleración tangencial. En relación a las interacciones, la presentación lingüística se limita a describir en palabras la interacción entre componentes; por ejemplo, en la sección 5.2 se describe cómo afecta al valor de la aceleración centrípeta un cambio en la magnitud de la velocidad o un cambio en la longitud del radio de curvatura. Sin embargo, el texto no explicita la dependencia entre la aceleración instantánea total, la aceleración centrípeta y la aceleración tangencial.

Con respecto al sistema simbólico, en el texto se presentan expresiones matemáticas y gráficos. Las ecuaciones matemáticas se limitan a la presentación de la aceleración instantánea como una suma vectorial de sus componentes globales. A nivel constitutivo la presentación es incompleta ya que no se explicitan la dirección y sentido de las magnitudes. Con respecto a las interacciones, las expresiones matemáticas están limitadas a mostrar sólo la dependencia de las magnitudes de las componentes (aceleración tangencial y centrípeta) con las variables a partir de las cuales se definieron. En relación a los gráficos, en ninguno de los esquemas presentes del texto se muestra de manera clara el sistema de referencia que se utiliza para describir las magnitudes vectoriales; tampoco hay un esquema que muestre claramente la interacción

entre las componentes a nivel constitutivo mostrando, por ejemplo, cómo se determina el sentido de la aceleración tangencial.
A lo largo de la presentación del tema, en el texto se utilizan expresiones ambiguas o erróneas que pueden dificultar la correcta comprensión por parte de los estudiantes. Por ejemplo, en la presentación lingüística se plantea que un objeto describe una trayectoria circular está “acelerado constantemente, aun cuando la rapidez permanece constante”. Esta expresión es ambigua y puede inducir a que los estudiantes interpreten erróneamente que, la aceleración es un valor constante. También, en forma lingüística, el texto explica cómo operacionalmente se encuentra la aceleración instantánea observando el cambio infinitesimal de la velocidad que tiene lugar en un intervalo de tiempo que tiende a cero y denomina a esta aceleración como centrípeta sin relacionarla con la total. Nuevamente, esta expresión podría llevar a que los lectores consideren, erróneamente, que la aceleración centrípeta es un nuevo tipo de aceleración y no una de las componentes de la aceleración lineal de la partícula que describe la trayectoria curva.
Las traducciones entre el sistema simbólico y el lingüístico presentan imprecisiones, por ejemplo, se menciona que “la aceleración centrípeta es, $a_r = \frac{v^2}{r}$ ”, cuando en realidad esta expresión corresponde sólo a la magnitud de la aceleración centrípeta. Las imprecisiones también se presentan en las gráficas, por ejemplo, cuando se representa la aceleración de la partícula y sus componentes ortogonales: el esquema incluye una flecha curva cuyo significado no está explícito en ninguna parte del texto.
Sears (2008) desarrolla el tema en el capítulo 3, Movimiento en dos o en tres dimensiones. En la sección 3.2 presenta en forma lingüística y simbólica el concepto de aceleración instantánea para el movimiento en dos y tres dimensiones. En el texto lingüístico se menciona que “la aceleración describe los cambios tanto en la magnitud de la velocidad como en la dirección de la velocidad” (pág.,70). El texto simbólico consta de ecuaciones y gráficos. En forma gráfica se muestra, detalladamente las componentes y el patrón observado. También, se presenta la expresión matemática de la definición cinemática de la aceleración. Es necesario notar que en todo momento están descriptos en palabras cada uno de los símbolos utilizados, cuando se presenta el concepto en forma

matemática y gráfica. Con respecto a las componentes, a nivel global y constitutivo, son descriptas en forma detallada por medio del sistema lingüístico y mediante gráficos. También, explicita en palabras y gráficamente la dependencia entre la aceleración lineal y sus componentes centrípetas y tangencial. En la sección 3.4, se describe el movimiento circular. La presentación comienza para el caso en el cual la partícula se mueve describiendo un círculo y la magnitud de la velocidad permanece constante. Luego, a partir de las propiedades de los triángulos semejantes determina la magnitud de la aceleración centrípeta, es necesario aclarar que esta deducción se presenta en forma muy detallada en forma lingüística y simbólica. Los atributos de la aceleración centrípeta son presentados en forma lingüística y gráfica, sin embargo, en las ecuaciones matemáticas no se explicitan mediante símbolos la dirección y sentido de las magnitudes descriptas. Posteriormente, describe el movimiento circular no uniforme, en el texto, se describe de forma precisa cómo se determina el sentido de la aceleración tangencial cuando la magnitud de la velocidad cambia.

Serway (2008) desarrolla el tema en las secciones 4.2, 4.4 y 4.5 del capítulo 4 “Movimiento en dos dimensiones”. En la sección 4.2 realiza la presentación de la aceleración instantánea en el movimiento en dos dimensiones. El sistema lingüístico se limita a la descripción de la aceleración como la derivada de la velocidad con respecto al tiempo. Con respecto al sistema simbólico, en esta sección, se presenta la expresión matemática de la aceleración instantánea y un gráfico en el que sólo se muestran los vectores velocidad en distintos tiempos y el vector cambio de velocidad, pero no se muestra el vector aceleración (patrón observado). En la sección 4.4 se presenta la descripción del movimiento circular uniforme, M.C.U, señalando que “aun cuando un objeto se mueve con rapidez constante en una trayectoria circular, todavía tiene una aceleración” (pág.,84). Es necesario llamar la atención que la utilización de un predicado correspondiente a la categoría “Entidades” como lo es “tiene una aceleración” puede inducir a los estudiantes a asignar al concepto presentado a una categoría ontológica tipo Materia, distinta a la científicamente aceptada. Mediante la correspondencia entre triángulos semejantes y tomando el límite cuando el intervalo de tiempo tiende a cero determina el valor de la magnitud de la aceleración centrípeta. El

sistema simbólico presente en esta sección es incompleto ya que, por ejemplo, la expresión matemática se limita a la presentación de la magnitud de la aceleración centrípeta sin indicar la dirección y sentido del vector. En la sección 4.5 presenta la aceleración en el caso en que cambia la magnitud y dirección de la velocidad. En forma lingüística y simbólica se describen las componentes a nivel global, es decir la aceleración como suma de sus componentes ortogonales. A nivel constitutivo, las componentes se describen de manera incompleta, por ejemplo, no se muestran los atributos (magnitud, dirección y sentido) de la aceleración tangencial cuando aumenta o disminuye la magnitud de la velocidad. Con respecto a las interacciones entre componentes y entre componentes y el patrón observado, sólo menciona mediante símbolos que, si la magnitud de la velocidad permanece constante, la componente tangencial de la aceleración es nula.
A lo largo del texto se presentan expresiones erróneas que pueden inhibir la correcta comprensión del concepto por parte de los estudiantes, por ejemplo, menciona que la dirección de $\vec{a}$ es la misma que $\vec{v}$ (cuando aumenta v), sin embargo esta expresión es incorrecta ya que se contradice con la definición de la aceleración en donde se puede observar claramente que aceleración lineal tiene la misma dirección y sentido que el vector cambio de velocidad. Con respecto a la magnitud de la aceleración radial señala que “En una rapidez conocida, a_r es grande cuando el radio es pequeño y pequeña cuando r es grande” (pág., 86). Esta expresión es ambigua ya que los adjetivos “grande” y “pequeños” no son los adecuados para realizar la comparación entre los valores de la magnitud de la aceleración centrípeta cuando aumenta o disminuye el radio de curvatura.

Comentarios Finales

El análisis de la ontología del concepto de aceleración lineal en el movimiento circular mostró que tanto las interacciones entre componentes como las interacciones entre las componentes y el patrón resultante corresponden a la de un concepto tipo “Proceso Secuencial”. Con respecto a la presentación del concepto en los libros de texto, se pueden señalar algunas características que pueden llegar a dificultar o inhibir la correcta caracterización ontológica por parte de los lectores, en este caso los estudiantes.

Por ejemplo, en la mayoría de los casos la presentación de la naturaleza del concepto es en incompleta. Las deficiencias están centradas, generalmente, en la descripción de las componentes en los distintos niveles analizados y en la descripción de las interacciones entre componentes y entre componentes y el patrón resultante.

En relación a la presentación del concepto en los distintos sistemas (simbólico y lingüístico) se puede mencionar: a) los explicitaciones presentadas en el sistema lingüístico son muchas veces escasas ya que no todas las interacciones son descriptas en palabras. Más aún, muchas veces las expresiones usadas resultan ambiguas, en el sentido que muchos atributos se describen sólo parcialmente. En otros casos las expresiones son incorrectas pues para describir al concepto se utilizan predicados pertenecientes a una categoría ontológica errónea. b) Con respecto, al sistema simbólico: la presentación de la ontología del concepto por medio de ecuaciones es, generalmente, incompleta ya que en muchos libros de texto no se explicita la naturaleza vectorial de las magnitudes que intervienen. Esta característica vectorial es un atributo fundamental para lograr la correcta caracterización de la aceleración. La presentación de la naturaleza del concepto por medio de gráficos es incompleta. Muchos textos no utilizan este modo de inscripción para describir la naturaleza del concepto, sobre todo lo referido a las características de las componentes y sus interacciones.

CONCLUSIONES

El análisis ontológico realizado en la primera parte del trabajo permitió, en segunda instancia, analizar la presentación que realizan los libros de texto para el concepto de aceleración en el movimiento circular, centrado dicho análisis en la explicitación de su ontología.

Dado que, según el marco teórico seleccionado, la correcta comprensión de la ontología de un concepto es condición necesaria para lograr su aprendizaje, los resultados de este trabajo deberían, como mínimo, alertarnos acerca de las dificultades de aprendizaje que podrían ser asociadas con la lectura de textos que presentan ambigüedades o errores en el tratamiento de los aspectos ontológicos del concepto a aprender.

REFERENCIAS

Alexander, P. A., & Jetton, T. L. (2000). Learning from Texts: A multidimensional and developmental perspective. En In M. Kamil, P. Mosenthal, P. D. Pearson, & R. Barr (Eds.), *Handbook of Research of Reading* (Vol III, pp. 285-310). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Alexander, P., & Kulikowich, J. (1994). Learning from a Physics text: A Synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(9), 895-911.

Chi, M. T. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. En R. N. Giere, & H. Feigl (Eds.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129-186). University of Minnesota Press.

Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change. Belief Revision, Mental Model Transformation and categorical shift. En S. Vosniadu (Ed.), *Handbook of research on conceptual change,* (pp.61-82). Erlbaum.

Chi, M. T. (2013). Two kind and four sub-types of misconceived knowledge way to change it, and learning outcomes. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change,* (pp. 49-70). Routledge Handbooks.

Chi, M.T. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of Learning Sciences, 14*(2), 161-199. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_1

Giancoli, D.C. (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (3ª ed., Vol.1). Person Education.

Keil, F. (1979). *Semantic and conceptual development: An ontological perspective*. Harvard University Press.

Loughlin, S. M., Grossnickle E., Dinsmore D., y Alexander P. A.(2015) Reading Paintings: Evidence for Trans-Symbolic and Symbol-Specific Comprehension Processes. *Cognition and Instruction, 33* (3), 257-293

Marradi, A., Archenti, N., & Piovani, J. I. (2012). *Metodología de las Ciencias Sociales.* Cengage Learning.

Parodi, G. y Julio, C. (2017): No solo existen palabras en los textos escritos: algunas teorías y modelos de comprensión de textos multimodales o multisemióticos. *Investigaciones Sobre Lectura*, *8*, 27-48.

Pocoví, M. C., y Hoyos, E. (2011). Corriente de desplazamiento: su presentación en textos y su comprensión por parte de los estudiantes. *Revista de Enseñanza de las Ciencias, 29*(2), 275-288.

Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. H. y Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: a commitment to substance based conceptions. *Cognition and Instruction*, *18*(1), 1-34.

Sears, F.W., Zemansky, M.W., Young, M.A. y Freeman, R.A. (2006). *Física Universitaria* (12ª ed., Vol. 1). Person Education.

Serway, R. A y Jewett, J. W. (2008) *Física para ciencias e ingeniería*. (10ª ed., Vol.1). Cengage Learning.

Slotta, J. D. y Chi, M. T. (2006). Helping students understand challenging topics in science through ontology training. *Cognition and Instruction, 24*, 261-289.

* * *

EL DISEÑO INSTRUCCIONAL COMO SOPORTE PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS. ESTUDIO DEL CASO EN EL AMBIENTE DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

Alejandro Armando Hossian[1]; Hernan Merlino[2]; Emanuel Maximiliano Alveal[3]
[1,3] Grupo de Robótica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional del Neuquén
[2] Grupo de Robótica, Universidad de Buenos Aires.

Resumen: El presente artículo de investigación tiene como eje sustancial el proyecto de investigación con asentamiento en el departamento de Ciencias Básicas de la Facultad Regional Neuquén de la Universidad Tecnológica Nacional. El método que se desarrolla en el presente trabajo se sustenta en cuatro fases, las cuales se llevan a cabo de manera progresiva, de forma tal que el estudiante se sienta estimulado para el análisis detallado del problema de aplicación, tal como los que debería afrontar en su vida profesional. Por lo tanto, se lleva a cabo un estudio del caso de aplicación en el área de la Ingeniería con una marcada inclinación a la exploración de las ecuaciones que conforman el modelo matemático del caso en cuestión, en aras de la consecución de un diseño robusto que sea alcanzable por un estudiante medio de la carrera de Ingeniería. Los autores se basan en las teorías prescriptivas del diseño instruccional para su investigación, habida cuenta de que las mismas están orientadas hacia la práctica y estimulan el análisis crítico y reflexivo de situaciones problemáticas ingenieriles.

Palabras claves: Desarrollo cognitivo, Instrucción, Modelo matemático, Teorías prescriptivas, Energía.

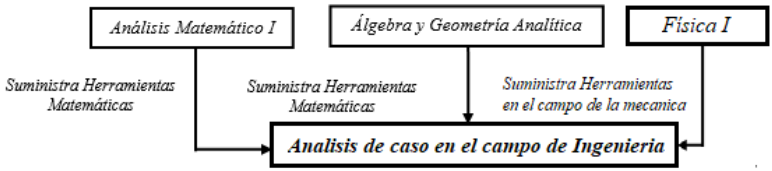
INTRODUCCIÓN

El presente artículo de investigación posee como eje rector la tesis de maestría en el campo de la Ingeniería de Software desarrollada y defendida en la Universidad Politécnica de Madrid: “Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias Instruccionales”. El

propósito primordial de este trabajo consistió en el desarrollo de un sistema experto que guie al instructor sobre la selección de estrategias y actividades de instrucción, que constituyan una mejora progresiva en quehacer de la actividad educativa. En la selección mencionada, debe considerarse las variables instruccionales tales como: características del educando, tipo de contenido a impartir, objetivos y entorno de aprendizaje entre otras (Hossian, 2003). Como hipótesis de partida del presente trabajo de investigación que el alumno perteneciente al ciclo básico de la carrera de ingeniería, deba atravesar por un conjunto de etapas hasta lograr el grado de madurez suficiente para elaborar y resolver un modelo simplificado de la realidad asociada con un determinado problema que se le presenta. Un caso de estudio perteneciente al campo de la Mecánica de la Partícula (Bútikov, Bíkov & Kondrátiev, 1991). Para el desarrollo de este caso de aplicación en el campo de la ingeniería, colaboran a modo de soporte los equipos de las cátedras de Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica y Física I. Estas asignaturas suministran los insumos sustanciales que actúan a modo de soporte, de manera tal que el estudiante pueda hacer uso de las mismas en el proceso de análisis y resolución del modelo correspondiente al caso de estudio. Esta situación de contribución entre las cátedras que son protagonistas en el desarrollo del aprendizaje se ilustra en la Figura 1:

Figura 1

Actuación de las cátedras Física I, Análisis Matemático I y Álgebra y Geometría Analítica como soporte para el análisis de caso.



Con el objetivo de hacer operativas las estrategias de instrucción, se proporcionan al estudiante las herramientas necesarias que le permitan a alcanzar el nivel de madurez suficiente para abordar la

tarea de desarrollo y resolución de modelos vinculados a un problema real.

FUNDAMENTACIÓN

Se exhiben los fundamentos de los conceptos de “instrucción” y de las “teorías de la instrucción”, los cuales constituyen la base teórica de este proceso de enseñanza.

Concepto de Instrucción

La instrucción se concibe como la creación de condiciones en el entorno de aprendizaje, facilitando de esta manera el cumplimiento de objetivos educativos (Gagné, Briggs & Pager, 1992, Adler, 1992). La instrucción consiste en un conjunto de actividades de aprendizaje, con la finalidad de que los estudiantes aprendan, practiquen, apliquen, evalúen, entre otros (Merrill, 1996). Estas actividades se articulan en ciertas estrategias de instrucción; suministrando de esta manera (Hossian y Cejas, 2011) una guía sobre la forma más propicia de llevar a cabo estas actividades.

Teorías de la Instrucción

Los fundamentos teóricos que sustentan lo expuesto anteriormente, se pueden analizar desde una perspectiva “descriptiva” o “prescriptiva” (Reigeluth, 1999):

- Perspectiva Descriptiva: puede ser vista como un conjunto de descripciones referentes a qué resultados se observan como respuesta de la aplicación de un proceso de instrucción dado y bajo ciertas condiciones del ambiente de aprendizaje.
- Perspectiva Prescriptiva: se establece como un conjunto de prescripciones que identifican el tipo de proceso de instrucción óptimo, a los efectos de obtener los resultados deseados bajo determinadas condiciones del entorno aprendizaje. A estas teorías se las llama “Teorías del Diseño Instruccional” o “Teorías de Diseño Educativo” (Jonassen, 1997, Perkins, 1992) y están orientadas hacia la práctica o hacia un objetivo.

DESARROLLO

Se analiza un caso de estudio en el marco de un proceso de diseño instruccional conformado por cuatro “fases”, a partir de las cuales el educando comienza el proceso incorporando aquellos conceptos que conforman la base del dominio correspondiente al problema que debe resolver. Posteriormente, elabora las asociaciones existentes entre estos conceptos (Ausubel, 1983, Schuel, 1992), confecciona el modelo matemático que mejor representa la realidad del caso y resuelve el modelo haciendo uso de las herramientas matemáticas que dispone en esta instancia del proceso.

Fase I: Asimilación de los conceptos base del domino del problema a la estructura cognitiva del educando.

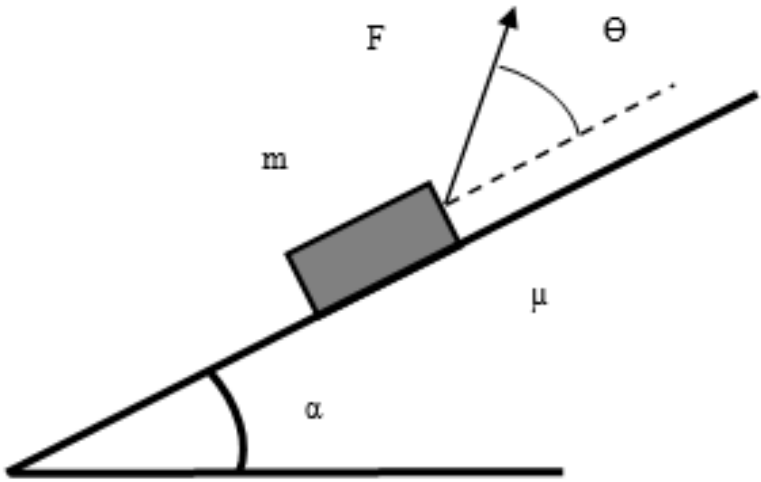
En esta fase el estudiante asimila los conceptos más relevantes en relación con el dominio que se le presenta. Los procesos cognitivos que se presentan con mayor frecuencia en esta etapa son la adquisición de conocimientos y la comprensión, y las estrategias de enseñanza más apropiadas son:

1) Formulación de preguntas con una fluida retroalimentación acerca de las respuestas del estudiante.
2) Estrategias que promueven la asociación de los conocimientos previos que posee el estudiante con los conceptos que están presentes en el problema.

En la Figura 2 se observa un caso de estudio real en Mecánica de la Partícula (en especial el área de la Dinámica), en el contexto de un entorno industrial. El presente caso de estudio se configura la elevación de un bloque en velocidad por un plano inclinado, conforme al siguiente escenario:

Figura 2

Esquema de situación en Planta Industrial, el cual consiste en la elevación de un bloque de masa m en un plano inclinado que forma un ángulo α con la horizontal, aplicando una fuerza F que forma un ángulo θ con dicho plano y cuyo coeficiente de rozamiento es μ



Los conceptos básicos que se presentan en la estructura cognitiva del estudiante en esta instancia son: fuerza, masa, concepto de fricción y las características del modelo de plano inclinado (relaciones trigonométricas y descomposición de fuerzas). El estudiante identifica estos conceptos y pasa al desarrollo de la siguiente fase del proceso de instrucción.

Fase II: Elaboración de un modelo conceptual del problema en la estructura cognitiva del estudiante

En esta fase el estudiante asocia los conceptos reconocidos en la etapa anterior y añade otros que le pueden ser de utilidad. Los procesos cognitivos vinculados a esta etapa consisten en la

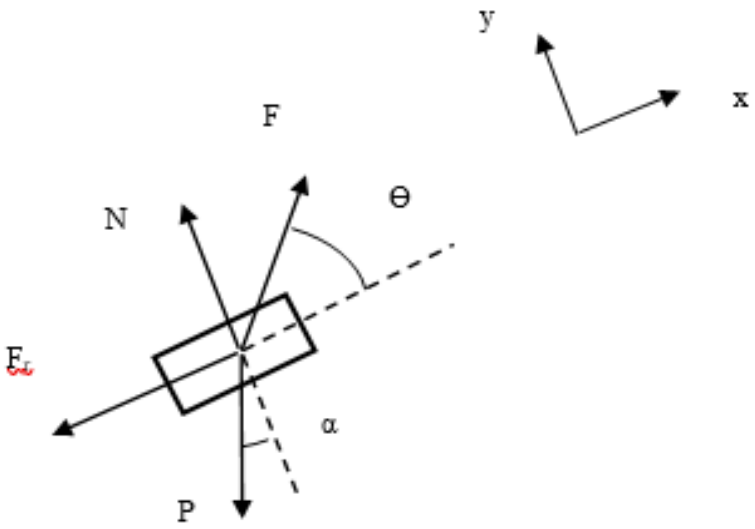
aplicación de leyes y teoremas. Las estrategias que mejor se ajustan son:

1) Articulación de los contenidos
2) Procesamiento de la información teórica
3) Articulación las diferentes ideas que surgen del proceso de análisis del problema

Para hacer operativas estas estrategias, se realizan experiencias en laboratorio y se usan transparencias para un desarrollo más ágil del proceso de instrucción. Asimismo, el estudiante incorpora al análisis del problema conceptos como el de velocidad, aceleración y desplazamiento (propios del campo de la cinemática y que han sido estudiados con anterioridad), para luego asociarlos con los identificados en la fase A por medio del planteo del "diagrama de cuerpo en libertad", como se ve en Figura 3.

Figura 3

Diagrama de Cuerpo en Libertad con un sistema de referencia x – y. P es el peso del cuerpo, N es la fuerza normal que el plano ejerce sobre el cuerpo y Fr la fuerza de rozamiento del plano sobre el cuerpo



Fase III: Construcción del modelo matemático representativo del problema

En esta fase el estudiante diseña un modelo matemático adecuado a la situación real del problema que se plantea. Los procesos cognitivos que se implementan en esta etapa consisten en sintetizar e integrar los conceptos que se identificaron en las etapas anteriores. Las estrategias que se aplican son:

1) Estimular en el estudiante la tarea de reflexión
2) Estimular en el estudiante el proceso de inferencia
3) Estimular en el estudiante la tarea de asociación de conceptos

Para llevar a cabo estas estrategias, se diseñan actividades tales como experiencias más avanzadas en laboratorio y la simulación de mecanismos en gabinetes de informática con la utilización del software apropiado. El estudiante desarrolla su capacidad de abstracción sintetizando e integrando todos los conceptos identificados en las fases A y B (fuerza, rozamiento, aceleración, sistema de referencia, relaciones trigonométricas y descomposición de fuerzas, entre otros) aplicando las leyes Newton de la Dinámica para obtener el siguiente modelo matemático (Ecuaciones (1) a (3)):

$$\begin{cases} \sum_{i-1}^{n} Fix = 0 \rightarrow F\cos\theta - F_r - mg\sin\alpha & (1) \\ \sum_{i-1}^{n} Fiy = 0 \rightarrow N + F\sin\theta - mg\cos\alpha & (2) \\ F_r = \mu N & (3) \end{cases}$$

Donde P = mg es el peso del cuerpo

Las Ecuaciones (1), (2) y (3) conforman el modelo matemático de la realidad presentada para el caso planteado, a la vez que constituyen el núcleo central del proceso de instrucción. También es importante señalar que el estudiante debe concebir dentro de su estructura cognitiva el hecho de que el bloque se eleva a velocidad constante, y por consiguiente la aceleración que experimenta el bloque es nula. Por tal razón, las ecuaciones (1) y (2) se encuentran igualadas a cero en el modelo matemático representativo de la situación.

Fase IV: Resolución del modelo matemático y análisis de los resultados obtenidos

En esta etapa el estudiante resuelve el modelo matemático planteado en la etapa III. Los procesos cognitivos asociados a esta fase consisten en:

- Resolución del modelo matemático en función de los parámetros que establece el problema y con las herramientas matemáticas disponibles
- Análisis crítico y discusión de los resultados obtenidos a partir del desarrollo del proceso 1

En esta fase del proceso del diseño instruccional el estudiante desarrolla modelos mentales de la situación que analiza con una mayor flexibilidad cognitiva respecto a las etapas anteriores. Las estrategias que se adoptan consisten en técnicas de comunicación que activen formas de pensamiento cooperativo y el trabajo grupal; y se implementan actividades tales como el uso de software de matemática para agilizar los cálculos y el manejo de las funciones que se ajusten al caso, para que el estudiante se focalice en el análisis de los resultados. Continuando con el caso de estudio, el estudiante comienza sintetizando el primer proceso cognitivo asociado a esta fase identificado como Resolución del modelo matemático.

Es importante que los estudiantes comprendan la necesidad de establecer la relación entre las variables F y θ más que en resolver numéricamente el modelo de sistema físico representado por las ecuaciones (1), (2) y (3). En otros términos, y en el intento de progresar hacia estadios cognitivos más avanzados y de mayor poder de abstracción para los estudiantes, la misión didáctica consiste en que estos avancen hacia la conformación de una estructura funcional que vincule estas dos variables.

Para abordar la resolución del modelo de ecuaciones en términos de hallar esta vinculación, es importante que el estudiante no piense en datos numéricos ni tampoco en hallar valores numéricos; sino que trabaje con las ecuaciones (1), (2) y (3) focalizado en hallar F en función de θ haciendo uso de los demás parámetros del problema a modo de constantes. En este sentido, es necesario

excluir de las ecuaciones (1) y (2) N y Fr, dado que estas variables dependen de θ. De esta manera, se procede así:

Se despeja N de la ecuación (2) obteniéndose la Igualdad (4):

$$N = mg\cos\alpha - F\sin\theta \qquad (4)$$

Sustituyendo (4) en (3) $F_r = \mu N$, se obtiene la Ecuación (5)

$$F_r = \mu(mg\cos\alpha - F\sin\theta) \qquad (5)$$

Esta expresión (5) se reemplaza en la Ecuación (1) obteniendo la Ecuación (6):

$$\sum_{i-1}^{n} Fix = 0 \rightarrow F\cos\theta - F_r - mg\sin\alpha = 0 \rightarrow$$

$$\sum_{i-1}^{n} Fix = 0 \rightarrow F\cos\theta - \mu(mg\cos\alpha - F\sin\theta) - mg\sin\alpha = 0 \rightarrow$$

$$\sum_{i-1}^{n} Fix = 0 \rightarrow F\cos\theta - \mu.mg\cos\alpha + \mu.F\sin\theta - mg\sin\alpha = 0 \rightarrow$$

$$\sum_{i-1}^{n} Fix = 0 \rightarrow F(\cos\theta + \mu\sin\theta) - \mu.mg\cos\alpha - mg\sin\alpha = 0 \rightarrow$$

Y se obtiene para F la expresión: $F(\theta) = mg\left(\frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\cos\theta + \mu\sin\theta}\right) \quad (6)$

El numerador de esta última expresión no depende de la variable θ y se toma como una constante para este análisis. El estudiante identifica la expresión (6) como de la forma mostrada en la Ecuación (7):

$$F(\theta) = mg\left(\frac{k}{\cos\theta + \mu\sin\theta}\right) \quad (7)$$

De (7) el estudiante infiere que para obtener el valor de θ que minimiza F debe ser máximo el denominador de (7), es decir, busca el máximo de la expresión dada por la Ecuación (8):

$$g(\theta) = (\cos\theta + \mu \sin\theta) \quad (8)$$

Este punto se puede abordar desde dos enfoques diferentes teniendo en cuenta la situación académica de los estudiantes que analizan el caso, a saber:

- Situación I): Estudiantes que se encuentran cursando Física I y no han abordado el tópico de “estudio de funciones” correspondiente a la asignatura Análisis Matemático I.
- Situación II): Estudiantes que se encuentran cursando Física I o deben rendir el examen final y conocen el tópico de “estudio de funciones” correspondiente a la asignatura Análisis Matemático I.

Para la situación I), se trata de que los estudiantes encuentren el valor de θ que minimiza F recurriendo a un parámetro γ tal que hallan la Igualdad (9):

$$\mu = \tan\gamma = \left(\frac{\sin\gamma}{\cos\gamma}\right) \qquad (9)$$

Cabe señalar, que como intervalo de variación de la tg es (− ∞, + ∞) este reemplazo es válido para todo μ. Sustituyendo (9) en (8) y reduciendo al denominador común se tiene la Ecuación (10):

$$g(\theta) = \frac{\cos\theta\cos\gamma + \mu\sin\theta\sin\gamma}{\cos\gamma} = \left(\frac{\sin\gamma}{\cos\gamma}\right) \qquad (10)$$

De (10) se infiere que g (θ) alcanza su valor máximo cuando θ = γ, o lo que es lo mismo (Ecuación (11)):

$$\theta = \tan^{-1}\mu \qquad (11)$$

Para la situación II), se trata de que los estudiantes puedan hallar el valor de θ que minimiza F recurriendo al cálculo diferencial, es decir derivando la expresión (8) e igualándola a cero (Ecuación (12)):

$$g'(\theta) = (-\sin\theta + \mu\cos\theta) = 0 \rightarrow \mu = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta \qquad (12)$$

Obteniéndose para μ (Ecuación (13)):

$$\theta = \tan^{-1}\mu \qquad (13)$$

Que es la misma expresión que (10) obtenida para la situación I) y para la cual la fuerza F alcanza su valor mínimo, dado que para $\theta = \tan^{-1}\mu$, g (θ) alcanza su máximo valor. En este sentido, es instructivo que el estudiante obtenga la segunda derivada de g (θ) [g'' (θ)] y sustituya (13) en la misma a los fines de verificar la existencia de este máximo. De (12) se llega a la Ecuación (13):

$$g''(\theta) = (-\cos\theta + \mu\sin\theta) = 0 \rightarrow g''(\tan^{-1}\mu) = (-\cos(\tan^{-1}\mu) + \mu\sin(\tan^{-1}\mu)) \qquad (13)$$

Observando la figura 2, se infiere que el bloque asciende por el plano inclinado si 0 ≤ θ ≤ Π/2. Por consiguiente, como $\theta = \tan^{-1}\mu$, tanto el $(-\cos(\tan^{-1}\mu))$ como el $(\sin(\tan^{-1}\mu))$ son valores positivos en (13) resultando $g''(\tan^{-1}\mu) < 0$. De este análisis el estudiante infiere que g (θ) alcanza un máximo para $\theta = \tan^{-1}\mu$. Como F mínima para el valor de θ de la expresión (10) o (12), a este θ se lo llama θ_{min} ($\theta_{min} = \tan^{-1}\mu$). Para obtener el valor mínimo de F (F_{min}) se sustituye $\theta_{min} = \tan^{-1}\mu$ (o μ = tg (θ_{min})) en la expresión (6) obteniéndose la Ecuación (14) y (15):

$$F_{min} = mg\left(\frac{\sin\alpha + \tan(\theta_{min})\cos\alpha}{\cos\theta + \tan(\theta_{min})\sin\theta}\right) \qquad (14)$$

$$F_{min} = mg\left(\frac{\sin\alpha + \left(\frac{\sin\theta_{min}}{\cos\theta_{min}}\right)\cos\alpha}{\cos\theta + \left(\frac{\sin\theta_{min}}{\cos\theta_{min}}\right)\sin\theta}\right) \qquad (15)$$

Al operar en forma algebraica con las expresiones trigonométricas de la expresión (15), se llega a la expresión para F_{min} dada por la Ecuación (16):

$$F_{min} = mg\sin(\alpha + \theta_{min}) \rightarrow F_{min} = mg\sin(\alpha + \tan^{-1}\mu) \ (16)$$

Una vez alcanzada la expresión (16) para F_{min}, el estudiante sintetiza el segundo proceso cognitivo asociado a esta fase: Análisis crítico y discusión de los resultados obtenidos: Al analizar la expresión (16) con los estudiantes se infieren las siguientes conclusiones:

- Al analizar la expresión (16), se infiere que F_{min} tiene sentido cuando el valor de θ_{min} = arctg(μ) es tal que $\alpha + \theta_{min} \leq \Pi/2$, ya que por la figura 2, si $\alpha + \theta_{min} > \Pi/2$, entonces la fuerza F se desviaría hacia la izquierda de la vertical y no sería posible que el bloque ascienda por el plano inclinado, tal como exige la situación planteada en este entorno industrial. Si $\alpha + \theta_{min} = \Pi/2$, se deduce de (16) que el módulo de F_{min} = mg y la misma estaría dirigida hacia arriba.
- De (16), se infiere que cuanto mayor es el peso mg del bloque, mayor es el módulo de la F_{min} que se necesita para elevarlo.
- De (16), se ve que F_{min} varía en forma senoidal y que la función crece al crecer su argumento; de manera que al aumentar (α + θmin) o (α + arctg(μ)) crece el módulo de F_{min}.

En una aproximación a las tareas de diseño que debe afrontar el futuro ingeniero, se analiza con los estudiantes la importancia que reviste el hecho de que se opere la elevación del bloque con la mínima fuerza F; habida cuenta de que el entorno industrial debe contar con elementos tecnológicos (tensores, mecanismos de elevación, etc.) para realizar esta tarea, cuyos costos (tipos de material, secciones de tensores y mantenimiento entre otros) dependen de la fuerza que se aplique.

CONCLUSIONES

Considerando que el proyecto de investigación al que se hizo referencia en este artículo se halla en fase de desarrollo; ya sea en lo que se refiere a conclusiones como futuras líneas de investigación, son carácter parcial.

Orientada a las conclusiones:

- El desarrollo del proceso de instrucción en fases, se adapta al estadio del desarrollo cognitivo que posee el estudiante.
- Se observa un ligero incremento de la maduración cognitiva de los estudiantes cuando logran comprender el significado de las expresiones analíticas obtenidas.
- Se observa un incremento en el nivel de motivación de los estudiantes cuando analizan situaciones que se corresponden con actividades vinculadas al diseño.
- Se observa que ciertos estudiantes intentan superarse para ubicarse en niveles cognitivos similares a otros que se encuentran en un nivel mayor.

Orientada a las futuras líneas de investigación:

- Potenciar el grado de interacción con asignaturas del ciclo básico, para lograr un proceso de instrucción más integral.
- Actualmente, está en desarrollo una “Fase V” cuyo objetivo consiste en la elaboración de una base de casos de análisis, los cuales no se almacenan como entidades aisladas, sino que se relacionan y se integran dando lugar a la conformación de ciertos “patrones” de análisis (Alexander, 1999).
- Promover una mayor articulación con los ciclos superiores para realizar un seguimiento adecuado del proceso en dichos ciclos.
- Incorporar casos con espíritu crítico y analítico de manera gradual en el curso de ingreso/nivelación a la facultad de ingeniería.

REFERENCIAS

Alexander, C. (1999). *A Timeless Way of Building*. Ed. Oxford University Press.

Ausubel, D. P. *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (2da Edición). Editorial Trillas.

Tovar Pescador, J. & Hernández Álvaro, J. (2006). *Fundamentos de Física: Mecánica* (2da Edición). Editorial Universidad de Jaén.

Vera Mellao, D., Viloria Molinares, P. & Solano Mazo, C. A. (2020). *Física Mecánica para ciencias e ingenierías*. Editorial Corporación Universidad de la Costa.

Tipler, P. A. & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología: Física Moderna*, (5ta Edición, Vol. 2C). Editorial Reverté.

Bútikov, E., Bíkov, A. & Kondrátiev, A. (1991). *Física en ejemplos y problemas*. Editorial Mir.

Gagné R. M., Wager W. W., Golas, K. C. & Keller, J. M. (2004). *Principles of Instructional Design*, (5° Edition). Wadsworth Publishing.

Adler, M. J. (1982). *The Paideia proposal: An Educational Manifesto*, (1st Macmillan paperbacks Edition). Macmillan Publishing Company.

Hossian, A. (2003). *Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias Instruccionales* [Tesis de Maestría no publicada]. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Hossian, A. & Cejas, L. (2011). Una propuesta de diseño instruccional para su aplicación en carreras de ingeniería. Un caso de estudio en asignaturas del ciclo básico. En Zulma Cataldi y Fernando Lage (Eds.), *Proceedings of the I Jornada de Enseñanza de la Ingeniería JEIN 2011* (Vol. II, pp. 467- 476). Universidad Tecnológica Nacional. https://doi.org/10.3233/SHTI264

Jonassen, D. H. (2004). *Learning to Solve Problems. An Instruccional Design Guide*. Pfeiffer.

Merrill, M. D., & ID2_Research_Group. (1996). Instructional Transaction Theory: Instructional Design Based on Knowledge Objects. *Educational Technology*, 36(3), 30-37.

Perkins, D. N. (1992). *Smart schools: Better thinking and learning for every child*. The Free Press.

Reigeluth, C. M. (1999). *Instructional-design Theories and Models. A New Paradigm of Instructional Theory* (1st ed., Vol II). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Schuel, T. J. (1996). Cognitive Conceptions of Learning. *Review of Educational Research*, *56*(4), 411-436. https://doi.org/10.3102/00346543056004411

* * *

ESTUDIO DE ALGUNAS COMPETENCIAS LÓGICO-MATEMÁTICAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA DE LA U.T.N.- F.R.M

Cecilia Polenta[1]; Gabriela Tomazzeli[2]; Carolina Bernaldo de Quirós[1]

[1]Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.
[2] Grupo IEMI, Universidad Tecnológica Nacional, FRM.
cepolenta@yahoo.com.ar, gabrielabtomazzeli@gmail.com

Resumen: Las disciplinas matemáticas en las carreras de Ingeniería proveen fundamentos y herramientas necesarias para la resolución de problemas científicos - tecnológicos. Como profesionales docentes estamos interpelados a revisar en forma permanente las teorías y metodologías relativas a los procesos de su enseñanza y aprendizaje. Este requerimiento se ve potenciado por el actual proceso de adecuación de los planes de estudio de las carreras de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional, en los cuales adquiere relevancia el enfoque centrado en el estudiante y el desarrollo de competencias. El propósito de este trabajo ha sido delimitar un conjunto de competencias lógico-matemáticas, como así también de estrategias didácticas a implementar en el espacio curricular Álgebra y Geometría Analítica, considerando sus aportes a las Competencias Genéricas en las carreras de Ingeniería. Teniendo en cuenta los contenidos de dicha asignatura, y luego de un análisis documental, proponemos una mediación didáctica para el desarrollo de la competencia “Argumentar y Comunicar” a fin de promover en los estudiantes el uso de sus estructuras de conocimiento orientadas a favorecer su pensamiento lógico-matemático.

Palabras claves: competencias, argumentación y comunicación matemática, enseñanza

NTRODUCCIÓN

Actualmente estamos transitando el plan de adecuación de los diseños curriculares de las carreras de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), el cual se sustenta en una perspectiva didáctica basada en la concepción constructivista y sociocultural del

aprendizaje, dando centralidad al rol del alumno y al enfoque de enseñanza por competencias.
La asignatura “Álgebra y Geometría Analítica” cumple una función importante dentro del bloque de las ciencias básicas por sus aportes a las competencias del futuro egresado, tanto en los aspectos científicos, técnicos y tecnológicos como así también en los socioculturales que son transversales a múltiples espacios curriculares de las carreras de ingeniería. El mencionado bloque incluye los contenidos curriculares y los fundamentos necesarios para el desarrollo de las competencias lógico-matemáticas y científicas para dichas carreras. Por tal razón hemos considerado conveniente especificar algunas competencias lógico-matemáticas y estrategias didácticas que puedan trabajarse en la asignatura y que contribuyan al desarrollo de algunas de las competencias genéricas, tanto tecnológicas como sociales, políticas y actitudinales.

ANTECEDENTES Y PROPÓSITO

Realizamos un análisis referido a la adecuación curricular en UTN acerca de cómo podría contribuir “Álgebra y Geometría Analítica” al desarrollo de las competencias de las diferentes especialidades de ingeniería en la Facultad Regional Mendoza, considerando las pautas establecidas por CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería).

Aportes de la asignatura a las competencias según diseños curriculares

Los actuales diseños curriculares de las carreras de Ingeniería de UTN sustentan el enfoque de desarrollo de competencias, destacando su dimensión constructivista, es decir, las mismas son construidas en contextos específicos mediante la interacción con otros sujetos, y su dimensión holística e integrada, en cuanto no es posible el fragmentar los conocimientos, habilidades y actitudes. Además, se destacan dos aspectos, el pensamiento complejo, que implica meta cognición, reflexión y diálogo como así también el desempeño contextualizado en la concreción de actividades o en resolución de problemas, con compromiso ético y responsabilidad social (DISEÑO CURRICULAR DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN, ORDENANZA Nº 1877, 2022).

La UTN adhiere a las Competencias Genéricas y Específicas de Egreso formuladas por CONFEDI de Argentina. Cada Facultad Regional de la UTN ha participado en la actualización de los Diseños Curriculares, en los cuales se definen las Competencias Específicas, en relación a los Alcances del Título y al Perfil del Ingeniero Tecnológico.

Los Diseños Curriculares de las carreras de Ingeniería correspondientes al Plan 2023, evidencian que la asignatura "Álgebra y Geometría Analítica" se encuentra en el Bloque de Conocimiento de "Ciencias Básicas de la Ingeniería", el cual incluye los contenidos curriculares y los fundamentos necesarios para el desarrollo de las competencias lógico-matemáticas y científicas para las carreras de Ingeniería, en función de los avances científicos y tecnológicos, a fin de asegurar una formación conceptual para el sustento de las disciplinas específicas (DISEÑO CURRICULAR DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN, ORDENANZA Nº 1877, 2022).

Las asignaturas homogéneas pertenecientes al Bloque de las Ciencias Básicas de la Ingeniería realizan su aporte en forma gradual a las Competencias Genéricas sociales políticas y actitudinales y especialmente a las tecnológicas, mediante el desarrollo de las Competencias Específicas (DISEÑO CURRICULAR DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN, ORDENANZA Nº 1877, 2022).

Teniendo en cuenta la naturaleza de la asignatura "Álgebra y Geometría Analítica", su campo de saberes, así como también los contenidos mínimos y objetivos de la misma, hemos decidido centrarnos en sus aportes a las siguientes Competencias Tecnológicas y Competencias Sociales:

- Competencias Tecnológicas: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- Competencias Sociales Políticas y Actitudinales: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. Comunicarse con efectividad.

Para promover las Competencias Genéricas Tecnológicas, se enuncian capacidades como las de formulación clara y precisa,

generación de informes y comunicación de recomendaciones, desarrollo de criterios profesionales, documentación y comunicación efectiva de soluciones, entre otras. En cuanto a las Competencias Genéricas, Sociales, Políticas y Actitudinales, la Competencia "desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo" involucra capacidad de proponer, escuchar, aceptar, expresarse con claridad, socializar ideas, analizar y proponer alternativas de resolución identificando áreas de acuerdo y desacuerdo y de negociar para alcanzar consensos, debatir efectuando intervenciones y tomar decisiones que integren distintos puntos de vista. Para la "Competencia para comunicarse con efectividad", son necesarias las capacidades de comunicar eficazmente, interpretar otros puntos de vista, expresarse de manera concisa, clara y precisa tanto en forma oral como escrita, ser capaz de producir textos, ser capaz de utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural) (CONFEDI, 2014).

La necesidad de promover el desarrollo de las mencionadas capacidades, ponen en evidencia la relevancia de la Argumentación y Comunicación en la formación de profesionales. Consideramos que dichas capacidades tienen una doble importancia. Por una parte, en lo referido a la comunicación con otros, dado que todo producto en el ámbito de la ingeniería involucra distintos actores, y consecuentemente, con el fin de lograr el resultado deseado, es preciso que las personas involucradas puedan entenderse, acordar y arribar a acciones concretas. En segundo término, entendemos la importancia de la Argumentación y Comunicación en el proceso de aprendizaje, por su contribución al desarrollo del juicio crítico, justificación de procedimientos, validación de conocimientos, lo que permite acceder a otras instancias de construcciones de conocimientos y razonamientos más complejos, como, por ejemplo, a conjeturar, deducir, planificar, evaluar, crear.

Acerca de Competencias

Por competencias se entiende el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que se integran a las características personales como capacidades, rasgos, motivos y valores y experiencias personales. (Cerato & Gallino, 2013). En el

proyecto Alfa Tuning (2007) se define competencia como las "capacidades que todo ser humano necesita para resolver, de manera eficaz y autónoma, las situaciones de vida. Se fundamentan en un saber profundo, no sólo saber qué y saber cómo, sino saber ser persona en un mundo complejo cambiante y competitivo" (pp.35). En los documentos de CONFEDI (2014), el concepto de competencia alude a la "capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales".

En el ámbito educativo el término competencia se refiere a objetivos a lograr a largo plazo, observables al concluir un ciclo de enseñanza (un semestre, un curso, etc.) a través de las habilidades y capacidades que la caracterizan y que se adquieren mediante una actividad concreta (Lupiañez y Rico, 2008).

En el marco de la Educación Matemática, el proyecto PISA (Programme for International Student Assessment) establece nueve competencias matemáticas: comunicar, representar y simbolizar, utilizar lenguaje y operaciones simbólicas, utilizar ayudas y herramientas, realizar cálculos operativos, pensar y razonar, argumentar, modelizar y plantear y resolver problemas. PISA entiende el desarrollo de una competencia matemática como un proceso y la define:

> *Competencia matemática es una capacidad del individuo para identificar y entender la función que desempeñan las matemáticas en el mundo, emitir juicios fundados y utilizar y relacionarse con las matemáticas de forma que se puedan satisfacer las necesidades de la vida de los individuos como ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos (OCDE, 2006, p. 13)*

De Gamboa, Planas y Edo (2010) manifiestan que el trabajo en prácticas argumentativas es esencial y que los alumnos deben desarrollar progresivamente habilidades para reconocer y construir argumentos válidos según el nivel en que se encuentran. ¿Cómo aporta la matemática, desde su especificidad, a tal fin? Claramente,

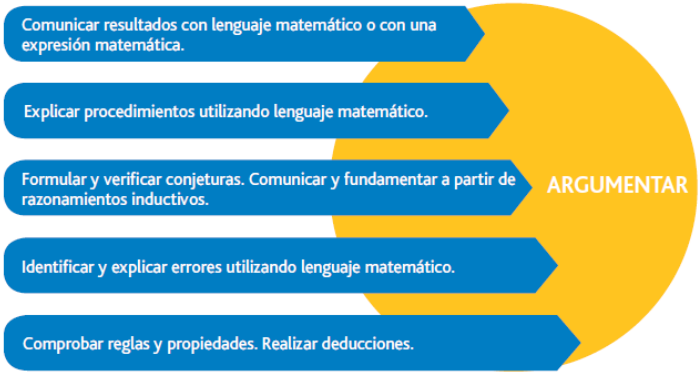
no queda circunscrita a la sola transmisión de técnicas, conceptos y procedimientos. La matemática permite el desarrollo y uso de un razonamiento lógico, crítico y reflexivo que posibilita a la persona interpretar e incidir en el medio circundante.

Competencias lógico-matemáticas: Argumentar y Comunicar

La habilidad de argumentar implica comunicar resultados en lenguaje matemático, explicar procedimientos, comunicar y fundamentar a partir de razonamientos inductivos, identificar y explicar errores, formular y verificar conjeturas, comprobar reglas y propiedades y realizar deducciones (MINEDUC, 2016, citado por Lara, 2020).

Figura 1

Actividades que propician las habilidades de Argumentar



Nota: Adaptado de *Desarrollo de habilidad: aprender a pensar matemáticamente*, de MINEDUC, 2016. Biblioteca Digital MINEDUC.

En cuanto a la comunicación matemática, Chamorro (2003) considera que la misma, implica las capacidades de comunicar, explicar y argumentar matemáticamente, es decir, los estudiantes deben llegar a ser capaces de proporcionar suficientes razones y

fundamentos que justifiquen ante sus compañeros y profesores, la resolución de las tareas matemáticas. Por su parte, Niss (2003) señala que la competencia de comunicarse matemáticamente, se expresa cuando los alumnos logran entender textos escritos, visuales u orales en una variedad de registros lingüísticos y pueden expresarse con precisión sobre temas que tienen un contenido matemático.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, en la planificación y desarrollo de nuestras clases, en general, es preciso dar mayor relevancia a la dialéctica entre los alumnos. La comunicación, argumentación, defensa del propio pensar, intercambio para llegar a acuerdos, acceso a nuevas alternativas de resolución, descubrimiento y comprensión de errores, producción de conjeturas, uso adecuado de contraejemplos, demostraciones matemáticas para la justificación de la veracidad o no de una proposición, requieren repensar las estrategias de prácticas docentes. Consideramos que este espacio de creatividad del alumno con sus pares junto a la guía del docente, es de suma importancia en la formación de ingenieros competentes y para su futuro desarrollo en su profesión.

Estrategias

El desarrollo de competencias, conlleva a la elaboración de tramas complejas de conceptos y teorías, habilidades y actitudes (DISI,2022), por lo que se considera necesario incluir estrategias que favorezcan la participación activa de los estudiantes en el aula, incluyendo actividades colaborativas que favorezcan la comprensión y el logro de aprendizajes significativos. En su teoría sociocultural, Vygotsky, entiende que el desarrollo del ser humano está íntimamente ligado a su interacción con el contexto social, histórico y cultural. La educación implica el desarrollo potencial del sujeto y la expresión y crecimiento de la cultura humana. Para este autor, las funciones superiores del pensamiento son producto de la interacción cultural (Matos, 1996).

En el contexto de interacción docente-alumno, Lee (2006) establece que el profesor debe mediar entre el discurso matemático y el discurso que utilizan los alumnos de forma rutinaria, creando puentes entre ambos para que sean capaces de utilizar el lenguaje matemático en la reflexión, investigación y comunicación de sus

ideas. Las estrategias de comunicación matemática se manifiestan cuando los estudiantes son capaces de interactuar, opinar, discutir, justificar, explicar, convencer y, en consecuencia, argumentar matemáticamente (Díaz, 2008).

MÉTODOS Y RESULTADOS

El estudio realizado fue de naturaleza cualitativa e interpretativa. Se llevó a cabo un análisis documental con el objeto de contextualizar las tendencias en Argumentación y Comunicación matemática en los escenarios de enseñanza por Competencias, con la finalidad de realizar un aporte didáctico para las prácticas docentes en la asignatura Álgebra y Geometría Analítica de las carreras de ingeniería de la UTN, Regional Mendoza. Sin embargo, la propuesta puede trasladarse a otras asignaturas de las carreras, en particular a las pertenecientes al bloque de las Ciencias Básicas.
Como contribución del presente trabajo se propone una mediación didáctica para alcanzar el siguiente resultado de aprendizaje:

[Deduce]+ [el determinante de una matriz anti simétrica]+ [a fin de ser utilizado en distintos contextos intra y extra matemáticos]+[teniendo en cuenta el orden de la matriz].

Mediación didáctica

INICIO

Los alumnos cuentan con saberes previos necesarios para abordar las actividades que se proponen. Algunos saberes son: la definición de matriz antisimétrica, ejemplos, definición de la función determinante, métodos de cálculo del mismo, entre otros.

<u>Actividad 1</u> (para recuperar contenidos previos): Se solicita a algunos alumnos que escriban ejemplos de matrices antisimétricas en el pizarrón.
Del intercambio entre pares, surgirán características del objeto de estudio, tales como “elementos opuestos respecto de la diagonal principal”, “es una matriz cuadrada”, “tiene ceros en la diagonal principal”, “es una matriz que coincide con la opuesta aditiva de su transpuesta” dando lugar a la recuperación de la definición de matriz antisimétrica.

DESARROLLO DE LA CLASE

Actividad 2: Se propone a los estudiantes trabajar en grupos de 3 o 4 integrantes para que calculen el determinante de una matriz antisimétrica.
A continuación, se indaga a los grupos sobre los resultados obtenidos, induciendo al uso del lenguaje matemático adecuado y propiciando el debate sobre las distintas situaciones.
Es esperable que los alumnos calculen inicialmente el determinante de una matriz antisimétrica de orden dos y de orden tres.
Probablemente los diferentes grupos conjeturen que el determinante de las matrices de orden dos siempre será un real no negativo y que el determinante de matrices de orden tres resultará siempre cero.
De los resultados obtenidos y de la guía docente, se concluye que el análisis de situaciones particulares es insuficiente para arribar a una generalidad. Este punto es importante para ayudar a que los alumnos comprendan la diferencia entre mostrar ejemplos o realizar una demostración.
Actividad 3: Para arribar a una generalización, se recomienda calcular el determinante de una matriz antisimétrica utilizando expresiones que permitan validar todos los casos.
En esta instancia es probable que algunos alumnos ensayen una demostración. Otros, plantean matrices de orden dos y tres, asignando letras a sus entradas en lugar de números. En este último caso, se discutirá si dicho planteo permite asegurar el comportamiento del determinante en matrices de orden cuatro, cinco o mayor.
Si no surge en ningún grupo, se sugerirá que prueben a partir de la definición.
Después de unos minutos se pedirá a distintos alumnos que escriban en el pizarrón lo que hicieron. Por turno se le pedirá a cada representante del grupo, que verbalice justificando lo realizado.

CIERRE DE LA CLASE

Se concluye que el determinante de una matriz antisimétrica es cero si dicha matriz es de orden impar.
Se dialoga con los alumnos que, para que una proposición sea válida, ésta debe ser demostrada, siendo insuficiente la verificación de casos particulares.

Las habilidades argumentativas y comunicativas puestas en juego a través de las actividades detalladas en la mediación didáctica se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1

Habilidades argumentativas y comunicativas desarrolladas a partir de la Mediación didáctica

Competencias lógico-matemáticas	ACTIVIDADES	HABILIDADES
ARGUMENTAR Y COMUNICAR	Escribir ejemplos de matrices antisimétricas.	Ejemplificar conceptos matemáticos. Discutir sobre las características de una matriz antisimétrica.
	Enunciar la definición de matriz antisimétrica.	Comunicar conceptos matemáticos con lenguaje preciso (coloquial y simbólico).
	Hallar el determinante de diferentes matrices antisimétricas.	Explicar los procedimientos empleados usando lenguaje matemático.

Tabla 1 (continuación)

ARGUMENTAR Y COMUNICAR	Escribir una conjetura respecto al valor del determinante de una matriz antisimétrica a partir de los casos analizados.	Formular conjeturas usando lenguaje matemático y comunicarlas en forma clara y precisa. Comunicar y fundamentar a partir de razonamientos inductivos.
	Contrastar los valores obtenidos para el determinante de matrices antisimétricas de orden par y de orden impar.	Identificar y explicar errores usando lenguaje matemático.
	Enunciar una proposición acerca del determinante de una matriz antisimétrica de orden n, siendo n natural.	
ARGUMENTAR Y COMUNICAR	Demostrar la verdad de la proposición enunciada.	Realizar deducciones aplicando propiedades.

Consideramos importante destacar que la mediación propuesta puede ser un disparador para que los estudiantes sean capaces de inferir nuevas conclusiones, integrando los saberes construidos con sus saberes previos tales como “la inversibilidad o no de una matriz antisimétrica” y “el rango de una matriz antisimétrica”. En relación a la articulación de los saberes adquiridos con saberes nuevos, se muestran como ejemplos “el espacio vectorial de las matrices antisimétricas de orden n” y “matriz antisimétrica asociada a una transformación lineal en el plano y en el espacio y su correspondiente interpretación geométrica”.

CONCLUSIONES

Consideramos que las prácticas argumentativas posibilitan al estudiante convencerse a sí mismo y a otros de las soluciones formuladas ante el planteo de diversos problemas, validando o refutando conjeturas fundamentadas en los objetos teóricos adecuados. Posibilitar la construcción de saberes desde este enfoque, permitiría desplegar las habilidades argumentativas y comunicativas necesarias no sólo para los contextos intra y extramatemáticos, sino también para las interacciones socioculturales indispensables para el futuro desempeño profesional. Desde el espacio curricular “Álgebra y Geometría Analítica” tales prácticas aportan al desarrollo de las Competencias Genéricas sociales, políticas y actitudinales y a las tecnológicas, contribuyendo a uno de los objetivos fundamentales de las carreras de Ingeniería, que es el de formar ciudadanos con sentido crítico y capaces de analizar problemas y buscar soluciones, para mejorar la sociedad en la que viven.

REFERENCIAS

Cerato, A.I. & Gallino, M. (2013). Competencias genéricas en carreras de ingeniería. *Ciencia y tecnología*, *13*, 83-94.

CONFEDI (2014). *Competencias en Ingeniería* (1ra ed.). Universidad Fasta Ediciones.

Chamorro, M. del C. (Ed.). (2003). *Didáctica de las matemáticas para primaria*. Pearson Educación.

De Gamboa, G., Planas, N. y Edo, M. (2010). Argumentación matemática: prácticas escritas e interpretaciones. *Suma: Revista sobre*

Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas, *64*, 35-44. https://ddd.uab.cat/record/197062

Díaz Montes, A. (2008). La búsqueda de solución a problemas irresolubles, Enfoque de argumentación. *Revista de Enseñanza Universitaria*, 37, 17-25.

Lara, A. (2020). *Desarrollo de la habilidad matemática de argumentar y comunicar en estudiantes de tercer año básico del Instituto San Sebastián de Yumbel* [Doctoral dissertation, Universidad del Desarrollo]. Universidad del Desarrollo. Facultad de Educación. http://hdl.handle.net/11447/3537

Lee, C. (2006). *El lenguaje en el aprendizaje de las matemáticas. La evaluación formativa en la práctica* (C. M. Bretón, Trans.). Ediciones Morata. (Trabajo original publicado en 2006)

Matos Arevalos, J. A. (1999). *El paradigma sociocultural de L.S. Vygotsky y su aplicación en la educación* [White paper]. Universidad Nacional. 1995.

MINEDUC (2016). *Habilidad de argumentar y comunicar. Desarrollo de habilidades: Aprender a pensar matemáticamente. 7º y 8º año de Educación Básica*. J. Carrasco Segura & S. Molina Martínez Eds. https://media.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/28/2016/09/4-argumentar-y-comunicar-web.pdf

Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project. In A. Gagatsis, & S. Papastavridis (Eds.), *Proceedings of the 3rd Mediterranean conference on mathematical education* (pp. 115–124). Hellenic Mathematical Society.

OCDE (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. John Cresswell y Sophie Vayssettes Eds. https://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf

Universidad Tecnológica Nacional (2022). *Ordenanza № 1877. Diseño curricular de ingeniería en sistemas de información. Plan 2023*. http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida_nuevo_sitio_rectorado.php3?tipo=ORD&numero=1877&anio=0&facultad=CSU

Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Marty Maletá, M., Siufi, G., Wagenaar, R. (Eds). (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe final - Proyecto Tuning - América Latina 2004-2007.* Universidad de Deusto & Universidad de Groningen.

* * *

NOTAS PEDAGÓGICAS PARA UN TALLER DE ACOMPAÑAMIENTO PARA PREPARAR EXÁMENES FINALES

Mercedes Frassinelli[1]; Rodolfo Dematte[2]; Josefina Huespe[1]; Sandra Segura[1] y Eugenia Panella[1]

[1] Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza- Departamento de Materias Básicas.
[2] CENIIT (Centro de Investigación e Innovación Tecnológica). Instituto de Energías Naturales Renovables- CONICET. UNLaR.
mercedes.frassinelli@docentes.frm.utn.edu.ar, mercedes.frassinelli@gmail.com, rdematte@gmail.com, rdematte@unlar.edu.ar, josefina.huespe@gmail.com

Resumen: Se presentan las notas acerca de un trabajo pedagógico de acompañamiento destinado a toda la comunidad estudiantil de la UTN FRM, en instancias de preparar un examen final. Se propone este espacio de diálogo y reflexión para propiciar el desarrollo de estrategias de estudio y planificación y poder así encarar las instancias finales de evaluación. El taller, con un enfoque interdisciplinar, pretende ampliar y diferenciar la perspectiva del alumno al momento de rendir instancias finales de exámenes, tanto escritas como orales, fomentando siempre su autonomía; acompañando y promoviendo su aprendizaje. Sabiendo que “el estudiante universitario aprende mejor cuando se parte de su vida y de su experiencia, cuando son movilizados sus conocimientos y sus maneras de percibir y de enfrentar situaciones” se reflexiona sobre técnicas de planificación del tiempo de estudio, la organización de la bibliografía y los apuntes. Se analizarán también estrategias generales para el abordaje del estudio y para la preparación de un examen final, que involucran desde variables anímicas y emocionales hasta la preparación y administración de los tiempos de estudio.

Palabras claves: pedagogía universitaria, preparación de exámenes finales, instancias de evaluación

INTRODUCCIÓN:

La evaluación a través de un examen final se trata de

> *un proceso de acreditación que realiza un reconocimiento institucional de los aprendizajes adquiridos por los alumnos/as, constatados a través del uso de ciertos instrumentos*". El resultado es una calificación, "ins*tancia de la acreditación en la que el docente o equipo docente comunica al alumno/a a través de una escala convencional sus apreciaciones y su juicio valorativo en relación con los aprendizajes realizados* (Steiman, 2008, p. 160).

Carlino (2005) explica que la evaluación es necesaria para certificar saberes y acreditar el dominio disciplinar de la materia, también sirve para retroalimentar el aprendizaje y la enseñanza del docente al alumno y viceversa. Para Anjovich (2017)

> se evalúan los aprendizajes en tanto conocimientos construidos acerca del dominio de información relevante, la comprensión, relación e integración de contenidos, uso de los conocimientos para resolver problemas, analizar situaciones, tomar decisiones, crear productos y el uso de estrategias cognitivas generales (comunicación clara y precisa) y específicas de cada dominio disciplinar (p. 19)

Es función "tácita la de señalar a los alumnos qué es importante dentro de una materia y sus contenidos" (Carlino, 2005, pp. 107). En este contexto se reflexiona acerca de cómo se llegan a acreditar tales conocimientos cuando la instancia de evaluación se ve afectada por múltiples factores que inciden no solamente en la situación per se sino en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios.

Entre tales variables que influyen en la mencionada situación, se destacan los factores sociales, personales, institucionales, tecnológicos y académicos (Navarro Blandón Navarro, 2018) sumado a factores epistemológicos, éticos e ideológicos (Steiman, 2008).

Desde luego que algunas de estas variables están relacionadas entré sí, por lo que precisa un abordaje múltiple, en palabras de Campoy (2016) “Muchos estudiantes cometen errores en las técnicas de estudio, haciendo que su forma de estudiar sea un método poco efectivo (…), generando inseguridad al momento de presentarse a rendir (pp. 1)”

Como sostiene Anjovich (2017) el error se convierte en problema, en angustia y de algún modo el miedo al error se hace presente.

Por ello, es necesario apoyar a los estudiantes a sobrepasar las etapas de exámenes finales, como parte del acompañamiento de toda su trayectoria académica. A veces los exámenes finales carecen de un andamiaje específico porque quedan implícitas en la preparación de las asignaturas, pero por todo lo expuesto es preciso aportar a esta instancia, interpelarnos como docentes, autoridades, integrantes de la comunidad universitaria acerca de esta situación específica y su contexto en el panorama completo de la vida universitaria de una persona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los autores de este trabajo, identifican distintos aspectos a abordar a la hora de contribuir con el estudiante con diversas herramientas que pretenden hacerlo identificar la ausencia de la planificación de los horarios, las metas, etc. y el impacto que tal planificación tiene en el corto y largo plazo. También se aborda la importancia de estrategias para mejorar la concentración, la capacidad para seleccionar la información, y fomentar la utilización de apuntes propios (resúmenes, mapas conceptuales).

En los aspectos no vinculados a lo académico, acorde a Serafini (2007), se apuntó el diálogo sobre el control de las propias emociones, y el incremento de la confianza en lo estudiado y en uno mismo.

A partir de estas consideraciones y en contexto del aula virtual del Departamento de Materias Básicas de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza se realizó un “Taller de acompañamiento para rendir exámenes finales”.

El objetivo general del taller fue acompañar a estudiantes en la preparación y estudio para poder enfrentar las instancias de un examen final. El público objetivo fue el alumnado en general, con una carga horaria de 10 horas en total repartidas en 2 clases

virtuales sincrónicas de 3 horas cada una y 2 encuentros virtuales asincrónicos de 2 horas cada uno.
El trabajo de técnicas de organización, planificación y eficiencia de los tiempos y los recursos de estudio, cursos, ocio, y diferenciando y contabilizando exactamente el tiempo dedicado a preparar exámenes finales con el objeto de identificar primero la importancia de tal estrategia de planificación y luego concienciar sobre el empleo de aplicaciones que contribuyen a tal organización.
Esta actividad se llevó a cabo sincrónica como asincrónicamente, para luego en una puesta en común reflexionar sobre el empleo y organización de los tiempos de cada estudiante.
Además, se abordaron técnicas de subrayado de ideas principales, resumen del texto y realización de esquemas. Repartida en dos instancias: asincrónica con un texto aportado por el propio taller en donde los estudiantes podían luego contrastar con alguna propuesta de resolución. Mientras que en el encuentro sincrónico los participantes del taller trabajaron en pequeños grupos de acuerdo a la materia que estaban interesados en preparar el examen final (se pretendía con este motivo incentivar la formación de la comunidad de estudio). Estos pequeños grupos trabajaron sobre textos que ellos mismos habían seleccionado de la materia que preparan para el examen final para finalmente reunirse en una puesta en común de todos los grupos en donde se compararon las producciones realizadas y poner en común las dificultades encontradas y las soluciones planteadas.
Cabe destacar que se realizó una encuesta diagnóstica a los estudiantes inscriptos en el taller. Los encuestados fueron los estudiantes inscriptos en el taller pertenecientes a las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas de Información. La herramienta utilizada para recopilar la información fue un formulario autoadministrado de Google Form®. En total se encuestaron 39 estudiantes inscriptos en el taller. Al finalizar el taller, se realizó una encuesta en los estudiantes a fin de relevar información sobre la importancia de los factores que afectan la preparación de un examen final y sobre los cambios de conducta y estrategias que implementarán a futuro.

RESULTADOS

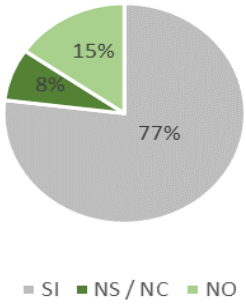
Análisis diagnóstico antes del taller

1- Problemática detectada

Ante la pregunta: ¿Tienes problemas en aprobar el examen final de una materia? El 77% de los estudiantes consultados respondió afirmativamente (Figura 1)

Figura 1

Alumnos con problemas para aprobar exámenes finales.



Se identificó que el 61% de los estudiantes tiene dificultades a la hora de aprobar los exámenes en forma escrita y el 13% en exámenes orales. El 45% considera que representa más dificultad el estudio de la parte teórica, el 36% la parte práctica y el 19% ambas. (Figura 2).

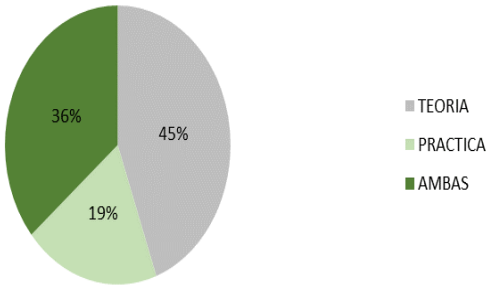
2- Estrategias para preparar un examen final

2.1 Tiempo

Se estableció el uso del tiempo promedio de preparar un examen, el 79.5% considera que el tiempo de preparación de un examen final ronda entre una semana y un mes, sólo el 20% estudia más de un mes. En cuanto a la organización del tiempo para el estudio, sólo el 38% de los estudiantes tiene horarios para estudiar.

Figura 2

¿Qué representa más dificultad a la hora de estudiar?



2.2 Recursos para el estudio

Entre los recursos para preparar exámenes, el 64% utiliza libros en su versión digital o en soporte papel (Figura 3). El 53,8% de los estudiantes prepara sus propios apuntes para estudiar, y el 33% solo repasa de la carpeta de teoría y de práctica (Figura 4). El 82% consulta al diccionario cuando no comprende alguna definición o término y sólo el 20% de los estudiantes no relacionan lo aprendido entre materias

2.3 Ambiente de estudio

En cuanto al lugar de estudio, el 77% estudia fuera del horario de clases, y el lugar preferido para estudiar es en su casa, el 15.4% no tiene lugar predefinido para estudiar (ver Tabla 1). Se les consultó a los estudiantes sobre el ambiente de estudio el 85% de los estudiantes posee buena iluminación en el lugar donde estudia, pero el 10% no lo había considerado como importante.

Figura 3

Principales métodos de provisión de información para el estudio.

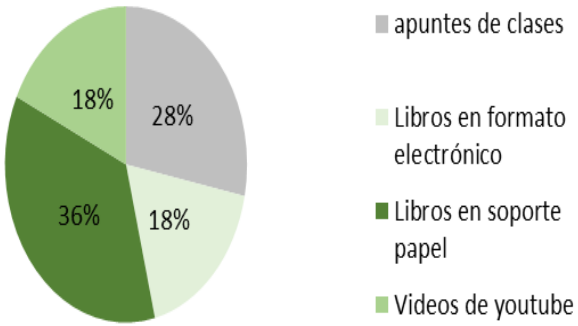


Figura 4

Modalidad de estudio elegida por los estudiantes

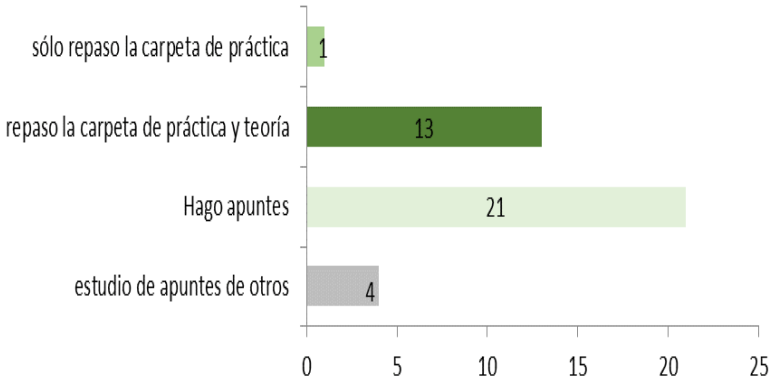


Tabla 1

Lugar de estudio elegido por los estudiantes

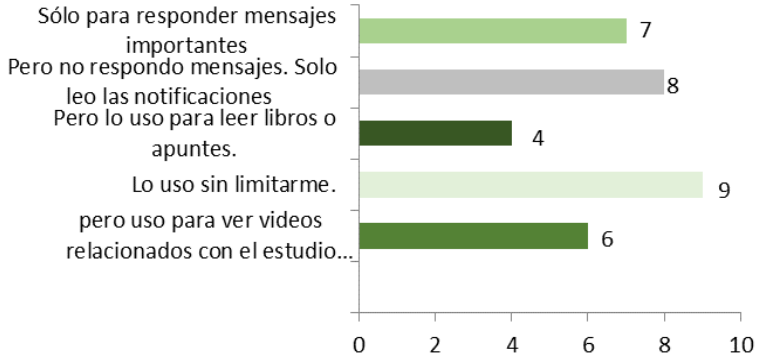
Lugar para estudiar	%
Sin lugar	15.4
Facultad	10.2
En casa	71.7
En el trabajo	02.5

2.4 Factores que afectan a la concentración

El 55% de los encuestados estudia en ambientes libre de distracciones y de ruidos, pero el 87% de los estudiantes utiliza el teléfono en el horario de estudio por diferentes motivos (Figura 5)

Figura 5

Modos de uso del teléfono en el tiempo de estudio.



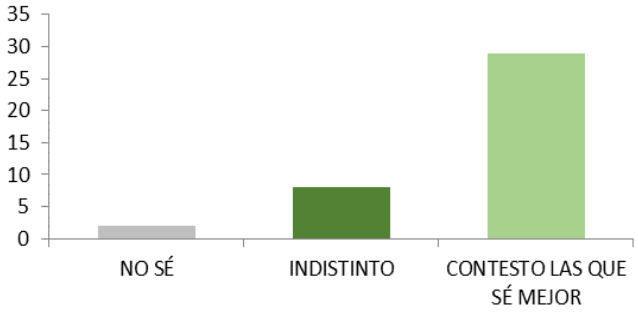
3- Estrategias para resolver exámenes finales

El 67% de los estudiantes presenta nerviosismo antes de un examen. El 26% recurre a cábalas o amuletos que incrementan su confianza. Para establecer cómo es la estrategia de resolución del examen se les preguntó: *¿contestas primero las preguntas que sabes mejor?*, el 74% contesta a las preguntas que considera que sabe bien y luego el resto de las preguntas (Figura 6). Para identificar otras estrategias de resolución de exámenes se consultó

¿Sueles ordenar mentalmente el contenido de las preguntas antes de empezar a responderlas? El 43.6% se organiza antes de responder el examen.

Figura 6

¿contestas primero las preguntas que sabes mejor?



Otro punto importante fue determinar cómo perciben su forma de comunicación en la instancia de evaluación, tanto en forma como en contenido, el 67% tiene poca confianza en la manera en que se expresan en un examen (Figura 7). En cuanto a la duración de los exámenes el 67% de los estudiantes consultados se queda hasta finalizar el tiempo asignado para responder el examen

RESULTADOS POST TALLER

Al finalizar el taller, se realizó una encuesta en los estudiantes a fin de relevar información sobre la importancia de los factores que afectan la preparación de un examen final y sobre los cambios de conducta y estrategias que implementarán a futuro. Los estudiantes después del taller reconocen que la organización real de los tiempos es importante, destacan que la organización del calendario y técnicas de organización del tiempo para estudiar son herramientas importantes que no utilizaban hasta el momento. Consideran que es un aspecto significativo combinar modalidades de estudio, no centrarse en un solo recurso (Figura 8) y es necesario estudiar más allá del horario de clases, porque no basta solo con escuchar al profesor, es importante tomarse un momento para estudiar y

practicar el tema visto interrelacionándolo con conocimientos de otras materias.

Figura 7

Percepción de la expresión oral y escrita en un examen

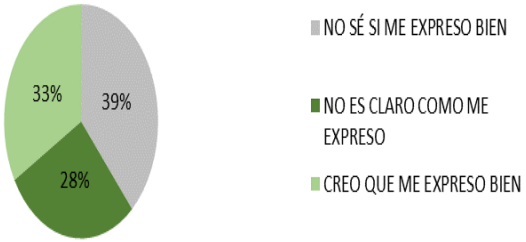


Figura 8

Principales recursos que utilizan para estudiar

Los estudiantes destacan la relevancia de hacer esquemas y resúmenes porque nos ayuda a entender mucho mejor la información, encuentran practicidad al momento de estudiar y porque tienen a la vista lo más importante. Después de haber

realizado el taller comprenden que el ambiente y el lugar es un factor influyente al momento de estudiar, ya que ayuda a la relajación y concentración. Infieren que se logran mejores resultados, además consideran que el teléfono móvil es un elemento distractor durante las horas de estudio, en todos los casos buscarán un lugar libre de distracciones para estudiar. El tiempo promedio de estudio para preparar un examen final, será entre un mes o un tiempo mayor a éste. Ante la pregunta: después de haber realizado este taller, ¿te sentís un poco más seguro respecto a las técnicas y herramientas para estudiar? Los estudiantes afirman que sí, y consideran que no tendrían dificultades en aprobar el examen final de una materia.

DISCUSIÓN

Se discutió sobre cómo todos estos factores no tenidos en cuenta impactan y hacen que el rendimiento académico no sea el esperado. Las estrategias compartidas en el taller aumentaron la sensación de confianza en los estudiantes destacando que aprovecharán las herramientas antes no utilizadas muy frecuentemente como las clases de consulta que ofrecen los profesores en sus distintas cátedras y estudiar en grupos. Se piensa que una comunidad de práctica, entendida como un “grupo de personas que comparten una preocupación o una pasión por algo a lo que se dedican y aprenden cómo hacerlo mejor en tanto que interactúan regularmente” (Wenger-Trayner, 2015) ayudará a fomentar la internalización de hábitos y la construcción de aprendizajes con el otro. Para nuevas ediciones del taller comentaron "nos gustaría que incluyeran técnicas de memorización, de estudio, y otras estrategias diferentes a las comentadas ahora”.

CONCLUSIONES

En base a los datos analizados inicialmente el 77% de los estudiantes tienen problemas para rendir exámenes finales y la asistencia e interés en este taller demostró la necesidad de la comunidad universitaria ante esta situación. El 67% de los estudiantes tiene poca confianza en la forma como se comunican en la instancia de evaluación, tanto en forma (oral y escrita) como en contenido disciplinar. En promedio los estudiantes tienen un

tiempo de estudio menor al necesario para preparar un examen final, en cuanto a las técnicas de estudio son variables entre los estudiantes consultados, por ello se no solamente estrategias sino el empleo de aplicaciones específicas para colaborar con el control del tiempo de estudio y la estructuración y planificación de los tiempos de curso, estudio y ocio. Esto se observó claramente en el hecho de que menos de la mitad de los encuestados tiene organizado el tiempo y el espacio para estudiar. Si bien, el 87% de los estudiantes utiliza el teléfono en el horario de estudio por diferentes motivos siempre fue como un elemento distractor y como conclusión importante fue remarcar que es posible emplearlo como herramienta de acompañamiento en el estudio mediante aplicaciones específicas y redes sociales de softwares educativos.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional que nos permite desarrollar estas actividades pedagógicas libremente. Al Departamento de Materias Básicas, por apoyar siempre este tipo de iniciativas y permitirnos desarrollar este taller.
A los estudiantes que voluntariamente participaron en el taller.

REFERENCIAS

Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad* (1ra ed.). Paidós.

Campoy, P. A. (2016, abril 13). Miedo a los exámenes. Dimensión Psicológica de la problemática y su abordaje. Carrera de obstáculos. *Especiales 2016. Divulgación Universitaria*.

Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica* (1ra ed.). Fondo de Cultura Económica de Argentina

Navarro Hudiel, S. J. & Blandón Navarro, S. L. (2017). Determinantes que inciden en la calidad de rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería. *Revista Científica de FAREM-Estelí, (24)*, 126-142. DOI: https://doi.org/10.5377/farem.v0i24.5556.

Steiman, J. (2008). *Más Didáctica (en la educación superior)*. UNSAM edita.

Serafini, M. T. (2007). *Cómo se estudia. La organización del trabajo intelectual.* (Susana Spiegler y Edit Binaghi Trans.). PAIDOS IBERICA. (Trabajo original publicado en 1967)

Wenger-Trayner, E. & Wenger-Trayner, B. (2015). Comunidades de práctica una breve introducción (Dulce Govea Aguilar Trans.).

* * *

EXPERIENCIA DEL ACERCAMIENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA QUÍMICA A LA TEMÁTICA DEL DERECHO AL AGUA, UN APORTE A LA FORMACIÓN DE UN PROFESIONAL COMPROMETIDO SOCIALMENTE

Stella Maris De Lourdes Alcantú; Adriana Beatriz Guajardo; María Noelia Ruíz Alcantú; Benjamín Esteban Sandoval Díaz

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo
salcantu@fcai.uncu.edu.ar, aguajar@fcai.uncu.edu.ar, mnruiz@fcai.uncu.edu.ar, besandoval@fcai.uncu.edu.ar

Resumen: En la actualidad el contexto mundial muestra una preocupante escasez de este recurso fundamental para la vida; la falta de agua a nivel mundial está agravada entre otros factores: la contaminación, mercantilización creciente e inequidad en su distribución. El conocimiento de los temas relacionados con el agua es relevante como base educativa en la formación de profesionales capaces de utilizar, controlar y gestionar este recurso en forma adecuada. El curso fue generado por docentes de espacios de Ciencias Química y Microbiológica que fue desarrollado en la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo durante el año 2019, en el marco del Congreso de Estudiantes de Ingeniería Química (CONEIQ). Este evento reúne a los estudiantes de dicha carrera de la Argentina y de países de Latinoamérica. La propuesta se basó en tres encuentros presenciales, siendo las estrategias didácticas utilizadas: clase expositiva, clase práctica y visita a campo. Las actividades propuestas desarrolladas durante el curso fueron: taller sobre derechos humanos y derecho al agua, actividad de simulación de un sistema real. También se realizaron experiencias de laboratorio y una visita de campo a la planta potabilizadora de agua de San Rafael. Las reflexiones sobre la experiencia con los estudiantes permitieron vislumbrar cómo influyó en su conocimiento sobre la temática.

Palabras claves: Derecho al agua. Agua potable. Formación integral. Compromiso social

INTRODUCCIÓN

El desarrollo exponencial de la sociedad se caracteriza, hoy en día, por la intensificación de los problemas económicos, políticos y sociales que ejercen sus efectos en diferentes ecosistemas del planeta. Esta situación ha influido negativamente en la calidad de vida no solo del ser humano, sino también de las diferentes especies de plantas y animales.

El desarrollo vertiginoso que la ciencia y la tecnología han tenido en las últimas décadas exige a las instituciones de educación superior la adopción de nuevas concepciones y enfoques en el proceso de formación de los profesionales, de tal manera que sean capaces de elevar los niveles científico- tecnológicos. Sin embargo, no ocupa el mismo interés en las políticas educativas la necesidad de formar profesionales, ante todo con un compromiso ético hacia el desarrollo humano (Reinoso Flores, 2014).

En el contexto universitario, la educación posee un significado especial: educar a "ser más para ser mejor", y en "madurez humana" (De la Herrán y Muñoz 2002). En este sentido, se acentúa la necesidad de potenciar el desarrollo humano en la formación con base en sólidos fundamentos éticos, pues "así como la tecnociencia contemporánea penetra todas las actividades del ser humano y de la sociedad, así la ética centrada en la persona humana 'permea' todos los desarrollos de la ciencia y de la tecnología" (Cornejo et al., 2013, p. xx).

Los estudiantes de las carreras de ingeniería no escapan a estas exigencias, ya que una vez que se gradúen deben ejercer una influencia positiva en la solución de los problemas científico-tecnológicos y sociales que influyan de manera decisiva en el desarrollo de la sociedad.

Por lo tanto, hoy la sociedad demanda a las instituciones educativas ciudadanos que sean capaces de ejercer su profesión en la realidad compleja que nos rodea y para ello la enseñanza no basta con una simple transferencia de conocimientos, sino que para poder desenvolverse en la actualidad necesitan no sólo "saber hacer" sino también "saber ser".

Sin embargo, la mayoría de la formación universitaria de ingenieros aún responde a una lógica que en escasas ocasiones incorporan desempeños tales como el pensamiento crítico, trabajo en equipo y

creatividad; competencias necesarias en la formación universitaria actual (Garrido, 2018).
En un estudio etnográfico se observó que las estrategias más utilizadas por los docentes de ingeniería incluían las clases expositivas y el denominado ejercicio (método en que el profesor muestra un ejercicio y pide a los estudiantes que lo resuelvan). En estas instancias los estudiantes asumen un rol pasivo y el docente vuelve a ser el trasmisor del conocimiento, pues la comunicación fluye en un solo sentido, dejando al margen la posibilidad de análisis, reflexión, ejercitación y crítica, elementos que contribuyen significativamente al proceso de formación integral (Pinto y otros, 2016). De acuerdo a Meléndez (2007) las prácticas pedagógicas en ingeniería demandan que los profesores planifiquen líneas-programas en investigación, docencia, extensión, producción y servicio, buscando construir conocimiento contemporáneo de alto nivel académico tecnológico, así como de insumo para la profesionalización. Se propone desde el CONFEDI (2018), que los egresados de las carreras de ingeniería cuenten con el desarrollo de una adecuada formación general que les permita adquirir nuevos conocimientos y herramientas derivados de los avances de la ciencia y tecnología, y a su vez adquirir ciertas competencias genéricas y específicas. Dentro de las competencias genéricas se encuentran las sociales, políticas y actitudinales y se pueden distinguir las siguientes:

- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.
- Aprender en forma continua y autónoma.
- Actuar con espíritu emprendedor.
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

Esta última competencia requiere la articulación efectiva de diversas capacidades:

a. Capacidad para actuar éticamente: ser capaz de comprender la responsabilidad ética de sus funciones, de identificar las connotaciones éticas de diferentes decisiones en el desempeño

profesional, de comportarse con honestidad e integridad personal, de respetar la confidencialidad de sus actividades, de reconocer la necesidad de convocar a otros profesionales o expertos cuando los problemas superen sus conocimientos o experiencia.
b. Capacidad para actuar con responsabilidad profesional y compromiso social: ser capaz de comprender y asumir los roles de la profesión, de considerar los requisitos de calidad y seguridad en todo momento, de aplicar las regulaciones previstas para el ejercicio profesional, de comprender y asumir las responsabilidades de los ingenieros en la sociedad, de poner en juego una visión geopolítica actualizada para encarar la elaboración de soluciones, proyectos y decisiones, de anteponer los intereses de la sociedad en su conjunto, a intereses personales, sectoriales, comerciales o profesionales, en el ejercicio de la profesión.
c. Capacidad para evaluar el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global: ser capaz de reconocer que la optimización de la selección de alternativas para los proyectos, acciones y decisiones, implica la ponderación de impactos de diverso tipo, cuyos respectivos efectos pueden ser contradictorios entre sí y de considerar y estimar el impacto económico, social y ambiental de proyectos, acciones y decisiones, en el contexto local y global.

El campo profesional de la ingeniería es sumamente amplio, por lo que su importancia en el desarrollo social y científico-tecnológico es esencial; por esta razón,

> la ingeniería se encuentra ante un abanico de grandes retos para desarrollar nuevos avances que disminuyan los problemas que enfrenta la sociedad en factores como el ambiente, el suministro de vivienda, el agua y el cuidado de la salud para una población que crece rápidamente (León y Ramírez, 2010, p. 5).

La formación de ingenieros capacitados para enfrentar los retos del siglo XXI, constituye un desafío para las universidades hoy día. Por tal motivo, es un imperativo desarrollar la reflexión y el análisis crítico como vías para aprender de manera más significativa y

comprender mejor la realidad circundante y, en consecuencia, mejorarla de modo permanente. En función a lo mencionado es que se deben fortalecer los planes de estudio actuales con la finalidad de promover y desarrollar una formación integral de los futuros profesionales. Este curso se generó en función a la búsqueda de nuevas interrogantes que pudieran ser debatidas y abordadas por los futuros ingenieros.

Objetivos:

- Acercar a los estudiantes a la temática del derecho al agua desde una perspectiva integradora
- Introducir a los estudiantes en el debate sobre la relación desarrollo, ambiente y derecho al agua.

Objetivos específicos:

- Conocer la legislación vigente sobre agua potable.
- Trabajar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua potable desde lo teórico- práctica exigidos en la legislación vigente.
- Valorizar el consumo responsable del agua potable a través de las necesidades humanas.
- Articular los conceptos trabajados con los procesos administrativos y de potabilización del agua en una visita de campo.
- Debatir sobre diversos temas transversales al perfil del egresado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La importancia de la flexibilidad de aprender haciendo en el aula, y en diversos entornos formativos y su relación con las ciencias; es fundamental en torno al derecho al agua en estudiantes de ingeniería. La metodología del curso pone de manifiesto de manera en que es importante el poner en práctica lo aprendido, demostrarlo con experiencias, en acción desafiando al estudiante a mirar la misma, desde otro punto de vista. La enseñanza para la comprensión está basada en una necesidad de fortalecer el desarrollo del pensamiento, que está íntimamente relacionado con las prácticas pedagógicas, contenidos curriculares, estrategias que intervienen en la práctica cotidiana que mejoran la enseñanza de aquellos que están en pleno proceso de formación.

Para Costamagna (2005) la comprensión supone la capacidad de aplicar las nociones de manera flexible y apropiada para llevar a cabo análisis, interpretaciones, comparaciones o críticas concretas y, sobre todo, para abordar materiales nuevos. Es por esto que fue necesario la implementación de diversas formas de aproximarnos a la temática de manera diversa, desestructurada, con la utilización de las TIC para promover la comprensión de la importancia del agua en los estudiantes universitarios. Las TIC son consideradas como herramientas de gestión del conocimiento que mejoran el aprendizaje y lo hacen significativo para los estudiantes, porque facilitan el intercambio de información científica (...) y facilitan la colaboración y comunicación sincrónica y asincrónica entre estudiantes y docentes, en ambientes de aprendizaje abundantes en fuentes de información que permiten explorar, observar y analizar multiplicidad de fenómenos y situaciones, aspecto que facilita la construcción de conocimientos a través del estímulo de la comprensión conceptual, la flexibilidad mental, la creatividad y la innovación, y conduce así a los estudiantes a convertirse en constructores de su propio conocimiento (Ruiz, Mendoza, y Ferrer, 2014).

La propuesta se basó en tres encuentros presenciales, siendo las estrategias didácticas utilizadas: clase expositiva para presentación del tema, preguntas generadas a partir del diálogo entre docentes y estudiantes, observación de video y presentaciones visuales en formato digital y línea del tiempo, análisis del mapeo de encuentros importantes en relación a la temática, generación de debate, discusión, desarrollo de actividades de simulación, laboratorio presencial, visita y trabajo de campo. Durante el primer encuentro se trabajó en aula, en formato de taller, los derechos humanos, evolución histórica del derecho al agua, requerimientos legales, una actividad práctica simuló un sistema real, a partir del cual se condujo a entender el comportamiento del sistema, relacionando necesidades humanas y satisfactores. Los grupos fueron conformados por estudiantes de ingeniería de diferentes regiones del país, lo que contribuyó al intercambio de ideas y realidades disímiles.

RESULTADOS

Los estudiantes avanzados de ingeniería química que pertenecían a diversas casas de estudios (Rosario, Mar del Plata, Córdoba, entre otras), manifestaron un gran interés sobre la temática, trabajando no solo desde lo técnico sino desde el impacto social que genera el no respetar el derecho humano. En los debates se pudo reconocer las distintas posturas sobre la importancia del agua y su uso adecuado en los hogares, el tratamiento y en las industrias que la utilizan como vehículo para diversas actividades. Y el rol del estado como proveedor de agua potable. Se realizaron prácticas experimentales en el laboratorio (Figuras 1 a 3) donde se determinaron las siguientes características físico-químicas de muestras de diferentes procedencias: dureza, alcalinidad, pH, conductividad y sedimentación. Posteriormente se realizó la observación de los resultados de un análisis microbiológico, que permitió la determinación de coliformes, a través del método oficial de Wilson y Blair (Figuras 4 a 6).

Figura 1

Vista 1 de los estudiantes durante las prácticas experimentales de laboratorio

Figura 2

Vista 2 de los estudiantes durante las prácticas experimentales de laboratorio

Figura 3

Vista 3 de los estudiantes durante las prácticas experimentales de laboratorio

Figura 4

Vista 1 de los estudiantes durante la observación de los resultados de un análisis microbiológico

Figura 5

Vista 2 de los estudiantes durante la observación de los resultados de un análisis microbiológico

Figura 6

Vista 3 de los estudiantes durante la observación de los resultados de un análisis microbiológico

Para finalizar se concretó una visita a la planta potabilizadora de agua del departamento de San Rafael, Mendoza. Este encuentro permitió a los estudiantes estar en contacto directo con una actividad real que puso en acción lo trabajado durante las primeras actividades y a su vez favoreció la comprensión y aplicación de las temáticas del curso (Figuras 7 a 9).

Figura 7

Vista 1 de los estudiantes durante una visita a la planta potabilizadora de agua del departamento de San Rafael, Mendoza

Figura 8

Vista 2 de los estudiantes durante una visita a la planta potabilizadora de agua del departamento de San Rafael, Mendoza

Figura 9

Vista 3 de los estudiantes durante una visita a la planta potabilizadora de agua del departamento de San Rafael, Mendoza

DISCUSIÓN

A partir de lo analizado en el trabajo se puede resaltar que el desarrollo de propuestas de este tipo, partiendo de una integración real de contenidos y temáticas y transversales para la formación de egresados de ingeniería, permite:

- Contacto con experiencias reales.
- Aplicación de lo trabajado en situación o contexto real.
- Mirada social de una temática específica inherente al perfil del egresado de las carreras de ingeniería.
- Afianzar conocimientos y aptitudes que podrán ser utilizados en el ejercicio de su profesión.

Además, se determinó que, con las actividades realizadas, durante el curso, se lograron los objetivos generales y específicos planteados.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que a partir de este curso los estudiantes podrán gestionar los diferentes recursos de manera consciente. Además, se logró afianzar conocimientos desde la práctica para aplicar en contextos profesionales. Reconociendo el impacto social de las actividades que se realizan en las industrias de la actualidad. Posteriormente se recibieron comentarios alentadores en relación a la forma en que fue abordado el tema, incluso al regresar a sus lugares de origen nos enviaron mensajes como el siguiente:" quedamos todos muy contentos con el curso, tanto por el contenido y las actividades como por la calidad humana que encontramos en los docentes. Fue un placer conocerlos y aprender con ustedes."

Fue una experiencia enriquecedora que nos planteó el desafío de motivar, desde una mirada social, a estudiantes de una carrera técnica y que su accionar profesional tenga como punto de partida los derechos humanos y la responsabilidad frente a la sociedad como futuros Ingenieros Químicos.

REFERENCIAS

Arenas Landinez, A. L. y Ramírez Prada, D. C. (2010). Visión prospectiva de la formación en ingeniería. In M. M. Larrondo Petrie, M. Bermudez, D. Alvarez Florez, I. E. Esparragoza, (Eds.), *Innovation and Development for the Americas: Proceedings of the Eighth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* (WE1 1-10). https://www.laccei.org/LACCEI2010-Peru/published/EInn023_Arenas.pdf

CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la República Argentina "Libro Rojo de CONFEDI"* (1ra ed.). Universidad FASTA Ediciones. https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf

Cornejo, J., Santilli H. B., Roble, M. B., Martín, A. M., Barrero, C. y Barbiric, D. (2013). Las cuestiones éticas y sociales en la formación del ingeniero. Tres estudios de caso en bioingeniería. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería, 2*(4), 7-15. www.ing.unrc.edu.ar/raei/archivos/img/arc_2013-09-02_07_58_23-n4t01.pdf

De la Herrán Gascón, A. y Muñoz Diez, J. (2002). *Educación para la universalidad. Más allá de la globalización*. Dilex.

Garrido, G. V., Sánchez Soto, I. R., Alvarado Martínez, H. (2018). Prácticas pedagógicas en ingeniería: un análisis desde los docentes. *Revista de Investigación, 42*(95). 102-117. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376160247006

Ingraham, J. L. & Ingraham, C. A. (2004). *Introducción a la Microbiología* (1ra ed., Vol. 1). Editorial Reverté S.A.

Kolthoff, L. M., Sandell, E. B., Meehan, E. J. & Bruckestein, S. (1999). *Análisis Químico Cuantitativo*. (4ta ed.). Librería y Editorial Nigar S.R.L.

Ley 18.284 de 1969. CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. Normas para producción, elaboración y circulación de alimentos para consumo humano en todo el país. Julio 18 de 1969. Boletín Oficial No. 21732 del 28/07/1969.

Meléndez Ferrer, L. E. (2007). Cogniciones pedagógicas del profesor universitario de ingeniería como base de la actitud pedagógica. *Revista de Pedagogía, 28*(81), 81 -109.

Pinto Blanco, A. M., Jiménez Bedoya, D. P., Betancur Jaramillo, G. A., Rendón Peláez, J. C., & Castaño Gallego, F. A. (2016). Realidades que caracterizan los discursos y las prácticas que circulan en un grupo de docentes de la Institución Universitaria de Envigado. *Revista Reune: Universidad, Región y Cultura, 1*, 7-20.

Reynoso Flores, M. R., Castillo Elizondo, J. A., Dimas Rangel, M. I. (2014). La formación integral del estudiantado de ingeniería a través de la educación continua. *Revista Electrónica Educare, 18*(1), 77-96.

* * *

DIFICULTADES DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA PARA LA COMPRENSIÓN Y USO DEL TEOREMA DE BAYES: UNA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y DESCRIPTIVA

Julio Ortigala[1]

[1] Grupo de IEMI, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.
jortigala@gmail.com

Resumen: El propósito de este trabajo es presentar la predisposición de los estudiantes para la resolución de problemas que involucren el teorema de Bayes. Los estudiantes de 4 año de Ingeniería Química han cursado y aprobado Probabilidad y Estadística en segundo año. Al comenzar el cursado de la asignatura antedicha, se les realiza un examen diagnóstico y puede observarse las dificultades principales con las que nos encontramos: uso del teorema de Bayes y la comprensión acabada del concepto del valor p. Para el primer tema citado, hemos organizado una serie de actividades, algunas extraclase, con la finalidad que no sea un obstáculo para la comprensión futura de los temas específicos, como Cartas de control estadístico, diseño de experimentos y muestreo para aceptación. El cálculo de probabilidades a posteriori mediante el teorema de Bayes tiene aplicaciones tanto en la estadística, como en la vida real, porque permite incorporar cambios en nuestro grado de creencia sobre los sucesos aleatorios, a medida que adquirimos nueva información. La epistemología bayesiana es también especialmente apta en los problemas de control de calidad, ya que permite interpretar los parámetros poblacionales como variables aleatorias, cuestión que no está contemplada en la estadística frecuentista. Concluimos con algunas recomendaciones para implementar en el proceso de enseñanza-aprendizaje y desarrollo.

Palabras claves: modelo, innovación, desarrollo, probabilidad condicional

INTRODUCCIÓN

El teorema de Bayes es muy importante para el cálculo de probabilidades cuando se conoce la probabilidad de un evento. Esta propiedad permite que la nueva información que incorporamos a nuestro acervo, nos permita aumentar nuestro grado de creencia. Este tipo de razonamiento es muy importante en el control estadístico de la calidad y la optimización de los procesos productivos. Aun así, actualmente no se observa un interés particular en los programas de estadística de nuestra provincia, en la incorporación de la estadística bayesiana y por lo tanto no hay profesionales capacitados en el análisis de datos de nivel universitario, con una perspectiva bayesiana.

Analizando la problemática, encontramos las primeras investigaciones que trataron el razonamiento condicional (Tversky y Kahneman, 1982; Bar-Hillel, 1997) y sugirieron la dificultad del razonamiento bayesiano y la existencia de sesgos respecto a él, tanto en estudiantes como en profesionales (véase revisión en Koehler, 1996). En este trabajo analizamos tanto estas investigaciones como otras recientes que sugieren que los estudiantes pueden aprender a resolver problemas basados en el teorema de Bayes, siempre que se elijan unos instrumentos didácticos adecuados. Asimismo, llevamos a cabo un estudio cualitativo del proceso de resolución de estos problemas en una muestra de estudiantes de cuarto año de Ingeniería Química que habían estudiado el teorema, con el propósito de describir los puntos principales de dificultad en este proceso.

ANTECEDENTES

La aplicación del teorema de Bayes fue investigada por Tversky y Kahneman (1982), en su trabajo sobre la heurística de representatividad. Una regla fundamental en estadística es que la verosimilitud de que una evidencia se deba a una supuesta causa depende de la probabilidad a priori de la causa, pero esta regla se olvida. Los autores denominan falacia de la tasa base al hecho de ignorar la probabilidad a priori de una supuesta causa en la valoración de una evidencia. Trabajos posteriores (e.g. Totohasina, 1992; Serrano, Batanero, Ortiz y Cañizares, 1998) indican que el análisis realizado desde la psicología es incompleto, pues hay otros factores que afectan la capacidad de aplicar el teorema de Bayes.

Según Batanero (1992), la estrategia más frecuente al resolver un problema que involucra este teorema es cambiar el espacio muestral de referencia y a continuación aplicar la regla de Laplace. En su estudio con 356 estudiantes universitarios sólo el 33% dio una respuesta correcta antes de una instrucción explícita sobre el teorema. La autora realiza también un experimento de enseñanza con 345 alumnos, en el que no se introduce formalmente el teorema de Bayes, aunque se plantean y resuelven problemas de probabilidad condicional inversa basándose en árboles y tablas de doble entrada. Aproximadamente la mitad llegan a obtener la probabilidad total; pero solo 49 alumnos llegan a la solución completa (probabilidad a posteriori). Según Totohasina (1992), la estrategia más frecuente al resolver un problema que involucra este teorema es cambiar el espacio muestral de referencia y a continuación aplicar la regla de Laplace. En su estudio con 67 estudiantes de secundaria sólo el 25% dio una respuesta correcta antes de una instrucción explícita sobre el teorema. El autor realiza también un experimento de enseñanza con 65 alumnos, en el que no se introduce formalmente el teorema de Bayes, aunque se plantean y resuelven problemas de probabilidad condicional inversa basándose en árboles y tablas de doble entrada. Aproximadamente la mitad llegan a obtener la probabilidad total; pero solo 9 alumnos llegan a la solución completa (probabilidad a posteriori).

PROBLEMA TIPO

El problema que le presentamos a los alumnos y alumnas es el siguiente. Una bodega de Mendoza tiene tres proveedores de botellas, a los que se identifican como A, B y C. Al primer proveedor(A), le compra el 70 % de todas las botellas, al segundo(B) el 20% y al tercero, le compra el resto. Además, se conoce por los datos anteriores, que el 1% de las botellas del proveedor A están fuera de especificación, lo mismo que el 3% de las botellas del proveedor B y el 5 % de las botellas del proveedor C. ¿Si se halla una botella fuera de especificación que produce un paro en la línea de envasado, cual es la probabilidad de que sea del proveedor B?

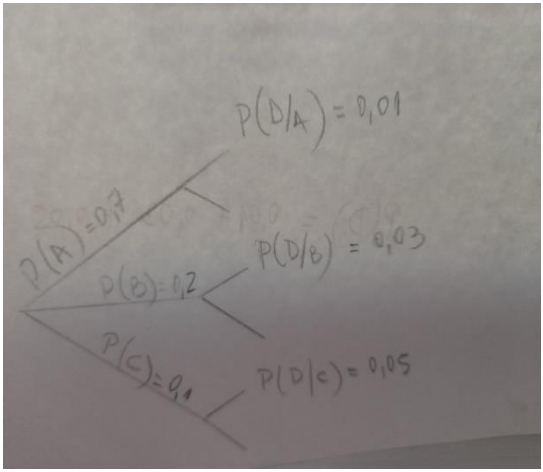
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Lo que interpretaron los alumnos y las alumnas se estudiaron y analizaron exhaustivamente, llevando delante un proceso descrito con un análisis cualitativo y descriptivo. A través de la epistemología inductivista se dividieron las respuestas de un mismo tipo, llegando a una categorización de las mismas, de acuerdo a la completitud o no de los pasos que se describen en el presente trabajo. Además, se estudiaron los posibles errores en cada paso, utilizando tantas variables como posibles errores y analizando para cada una su presencia o ausencia en la respuesta de cada alumno.

a) Discriminar los datos del problema. El primer paso para resolver la tarea, es discriminar todos los datos, lo que requiere diferenciar entre probabilidad a priori P(A), P(B)y P(C) y probabilidades condicionales, como P(D/A), P(D/B), P(D/C); diferenciar una probabilidad condicional inversa, P(D/A) y su complemento P(D´/A). El estudiante debe identificar todos estos conceptos, realizar correctamente las sucesivas divisiones del espacio muestral S (figura 1) e identificar todos estos datos en el enunciado del problema.

Figura 1

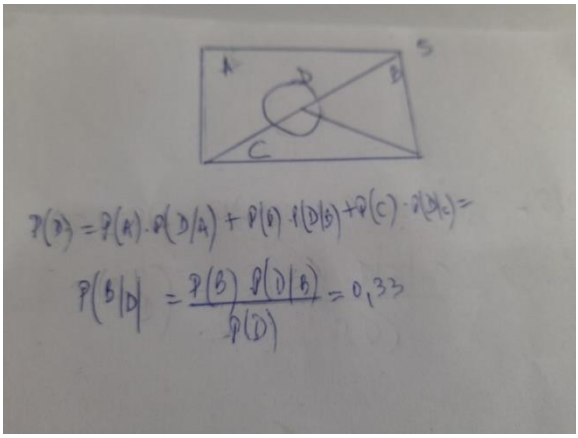
Diagrama de árbol



b) Construir los gráficos más adecuados para una interpretación correcta. La construcción de un diagrama de árbol es el camino más seguro y en algunos casos se puede utilizar una tabla de doble entrada, para representar el experimento y partición secuencial de la población (figura 2). Esta representación potencialmente debe servir al estudiante para reconocer que el conjunto de sucesos favorables (productos defectuosos) viene de tres subpoblaciones, la de las botellas producidas por A, B y C. En algunos casos los diagramas en árbol son incompletos o se consideran tres poblaciones separadas

Figura 2

Regla de la probabilidad total



c) Identificar la probabilidad condicional que se pide para solucionar el problema planteado. Los estudiantes deben identificar qué probabilidad se pide en el problema, que es una probabilidad condicional inversa (probabilidad a posteriori). No es un problema exento de dificultad, pues algunos estudiantes asocian el condicionamiento con el orden temporal de los sucesos y no encuentran natural que se condicione un suceso por otro que ocurre con posterioridad (fenómeno denominado falacia del eje de tiempos por Falk (1986) y concepción cronologista de la probabilidad condicional por Gras y Totohasina (1995)). Los estudiantes pueden confundir la

probabilidad condicional con su inversa, con una probabilidad simple o con una probabilidad conjunta (errores frecuentes en la investigación de Pollatsek, Well, Konold y Hardiman, 1987 y Ojeda, 1995).

d) Aplicar la ecuación de la probabilidad total. Para calcular el denominador de la fórmula de Bayes, se debe aplicar la ecuación de la probabilidad total. Después de identificar el problema como el cálculo de una probabilidad condicional, el estudiante debe calcular el numerador y denominador de la fórmula de Bayes. Para implementarlos debe multiplicar las probabilidades de cada rama del árbol y sumando cada una de esas probabilidades conjuntas. Loa alumnos y alumnas deben interpretar que las intersecciones que se producen en el desarrollo debe ser intercambiadas por el producto de una probabilidad marginal por una condicional.

e) Calculo de la probabilidad opuesta (teorema de Bayes). Finalmente, el estudiante debe sintetizar todos los pasos anteriores y calcular el numerador (probabilidad conjunta) y denominador (probabilidad total) para obtener la probabilidad inversa o a posteriori, es decir, aplicar el teorema de Bayes. También en la fórmula de Bayes se producen errores, sustituyendo los productos por sumas o invirtiendo el numerador y denominador. En otros casos, el estudiante simplemente no la recuerda o no la desarrolla.

Resultados de las evaluaciones(n=65)

a) Logra dar una solución correcta del problema: 58
b) Utiliza correctamente la ecuación de la probabilidad total pero no logra aplicar el teorema de Bayes: 6
c) Identifica correctamente los datos del problema y realiza alguno de los diagramas, pero no aplica regla de la probabilidad total ni teorema de Bayes: 5
d) Identifica los datos del problema y realiza diagrama de árbol y no continua: 4
e) En blanco, no identifica los datos o diagrama árbol incorrecto: 3

Análisis de los errores

Se analizaron los errores cometidos por los alumnos y alumnas. Se tiene en cuenta que un alumno o alumna puede cometer más de un error. Las probabilidades a priori son identificadas correctamente por el 90% de los alumnos y alumnas participantes, o sea que la falacia de las tasas base no constituye la mayor dificultad. El 13 % de los estudiantes no pudieron identificar correctamente los datos del problema dados como porcentaje de elementos defectuosos o índice de no calidad de cada uno de los proveedores. El 12% de los participantes en la evaluación no realizaron correctamente los diagramas o interpretaron incorrectamente el espacio muestral S con sus respectivas particiones. (no tuvieron en cuenta que en S debían colocar a los 3 proveedores y al evento que representan los elementos defectuosos); también se observa la confusión entre una probabilidad condicional y otra marginal y entre una probabilidad condicional y su opuesta y en menor medida de una probabilidad simple con la condicional y con su complemento.

CONCLUSIONES

Se ha trabajado con un tamaño de muestra pequeño, pero igualmente nos permite apreciar algunas de las dificultades de los alumnos y alumnas en la resolución de problemas que involucran la regla de la probabilidad total y el teorema de Bayes. Hemos arribado a conclusiones diametralmente opuestas a las de Tversky y Kahneman (1982) en cuanto a la dificultad de interpretar las probabilidades a priori. Los estudiantes que han aplicado correctamente los diagramas de partición de S y de árbol, han arribado a conclusiones correctas. No se observa que la dificultad de operar con probabilidades y fracciones sea representativa, salvo excepciones. Aunque algunos alumnos tuvieron dificultades con el razonamiento proporcional, el formato frecuencial no garantiza una tasa de errores menor, ya que los participantes que lo intentaron cometieron una cantidad muy parecida de errores. Las dificultades aparecen en distintos tiempos del proceso de resolución de problemas, comenzando por la identificación correcta de los eventos y sus probabilidades asociadas, y la correcta partición y subpartición del espacio muestral S. A pocos estudiantes les fue difícil diferenciar entre probabilidades marginales, totales, y condicionales, con sus respectivos complementos, o confundieron

una probabilidad condicional P(D/A) con su inversa P(A/D), dificultades ya señaladas por Falk (1986) para la probabilidad condicional. El olvido de la fórmula de la regla de la probabilidad total y del teorema de Bayes también ocasionó algunos errores, pero su número es pequeño en comparación con los causados por identificación de datos y errores en los conceptos que intervienen. El teorema de Bayes se presenta, en consecuencia, como un objeto complejo, cuya comprensión involucra toda una serie de conceptos y propiedades previas como los de probabilidad simple compuesta y condicional, partición y complementario, axioma de la unión y regla del producto. La solución de la dificultad de los problemas de Bayes pasa por un mayor esfuerzo en la enseñanza de la probabilidad y no consiste únicamente en facilitar los enunciados recurriendo a las frecuencias absolutas. Por otra parte, incluso cuando el formato frecuencial ayuda a los estudiantes a resolver determinados problemas, el formato probabilístico es más fácil de generalizar a procedimientos de varios pasos o al caso de experimentos con más de un resultado. Pensamos que se debe dar más tiempo de enseñanza aprendizaje a la estadística bayesiana en general y al teorema de Bayes en particular y sus aplicaciones, puesto que es una herramienta fundamental en la construcción de otras ideas en inferencia y estudio de la teoría de las cartas de control estadístico. En nuestra experiencia de enseñanza, la instrucción mejoró ligeramente la resolución de problemas de Bayes, tanto en el formato frecuencial como en el formato probabilístico.

REFERENCIAS

Aznar, A., Baccelli, S., Figueroa, S., Distéfano, M. L., y Anchorena, S. (2016). Las Funciones Semióticas como instrumento de diagnóstico y abordaje de errores. *Bolema: Boletim de Educação Matemática, 30*(55), 670- 690. https://doi.org/10.1590/1980-4415v30n55a18

Batanero, C., y Díaz, C. (Eds.). (2011). *Estadística con proyectos*. ReproDigital. Facultad de Ciencias

Díaz, C. (2004). *Elaboración de un instrumento de evaluación del razonamiento condicional. Un estudio preliminar*. [White paper]. Universidad de Granada.

Díaz, C. y de la Fuente, I. (2006). Dificultades en la resolución de problemas que involucran el teorema de Bayes. Un estudio exploratorio en estudiantes españoles de Psicología. *Educación Matemática, 18*(2), 75-94. https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=40558507004

Falk, R. (1986). Conditional probabilities: insights and difficulties. En R. Davidson y J. Swift (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Teaching Statistics*. (pp. 292 – 297). International Association for Statistical Education. https://iase-web.org/documents/papers/icots2/Falk.pdf?1402524934

Ojeda, A. M. (1995), Dificultades del alumnado respecto a la probabilidad condicional. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas, 5*, 37-44. https://documat.unirioja.es/ejemplar/72582

Serrano, L., Batanero, C., Ortiz, J.J. y Cañizares, M.J. (1998). Heurísticas y sesgos en el razonamiento probabilístico de los alumnos de secundaria. *Educación Matemática, 10*(1), 7-25. http://www.revista-educacion-matematica.org.mx/descargas/Vol10/1/03Serrano.pdf

* * *

FUNDAMENTOS LÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LA TECNOLOGÍA

MODELO DE OBJETOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO UBICUO

Mariana Brachetta[1]; Julio Monetti[1]; Oscar A. León[1]

[1] Grupo LITAPS – Dpto. Ing. en Sistemas, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza
oleon@frm.utn.edu.ar

Resumen: El artículo aborda parte del trabajo realizado durante el diseño y desarrollo de un entorno de aprendizaje ubicuo implementado mediante una solución de Mobile Cloud Computing (MCC). La solución integra una App Móvil delgada con un conjunto de servicios en la nube en los cuales se descarga la complejidad de procesamiento. En la introducción se describe la concepción general del entorno para que el lector comprenda sus características funcionales. Luego se aborda la arquitectura propuesta para el back-end y se profundiza en el Modelo Orientado a Objetos que permite implementar dicha arquitectura. Finalmente se explica sucintamente el modelo de clases que permite la integración del entorno con la plataforma de e-learning Moodle y se exponen las conclusiones.

Palabras claves: modelo, clases, objetos, persistencia

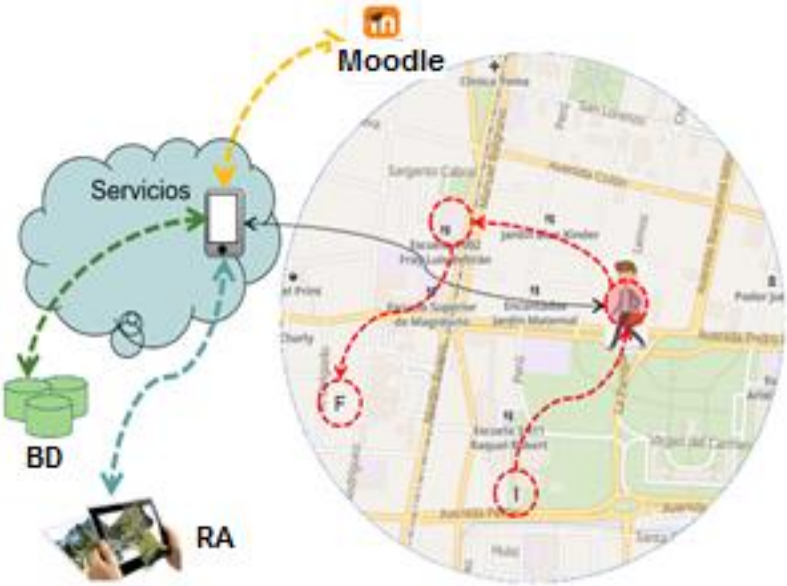
INTRODUCCIÓN

El entorno ubicuo es implementado mediante una aplicación móvil que permite a un estudiante acceder a una secuencia de aprendizaje en la que debe resolver en forma autónoma actividades (Burbujes, 2012). Dichas actividades están vinculadas a puntos geográficos donde las mismas son habilitadas para su realización (ver Figura 1). La información del recorrido se almacena en tiempo real en una base de datos (BD). También se incorporan evaluaciones implementadas mediante la herramienta “cuestionario” de la plataforma Moodle, y se dispone de un conjunto de orientaciones de ayuda o pistas, construidas con tecnología de Realidad Aumentada (Gazcón et al, 2016).

Las ubicaciones geográficas son personalizadas por el estudiante al iniciar su trayectoria. A continuación, se muestra la organización del entorno ubicuo. El entorno implementa un esquema donde al transitar en las proximidades de puntos geográficos, se habilitan actividades a resolver, luego al finalizarlas, se abre una evaluación en un navegador embebido en la App, y al superar la instancia se habilita la activación del próximo punto geográfico (Raj Amal, 2015, Google, 2018).

Figura 1

Esquema del entorno ubicuo

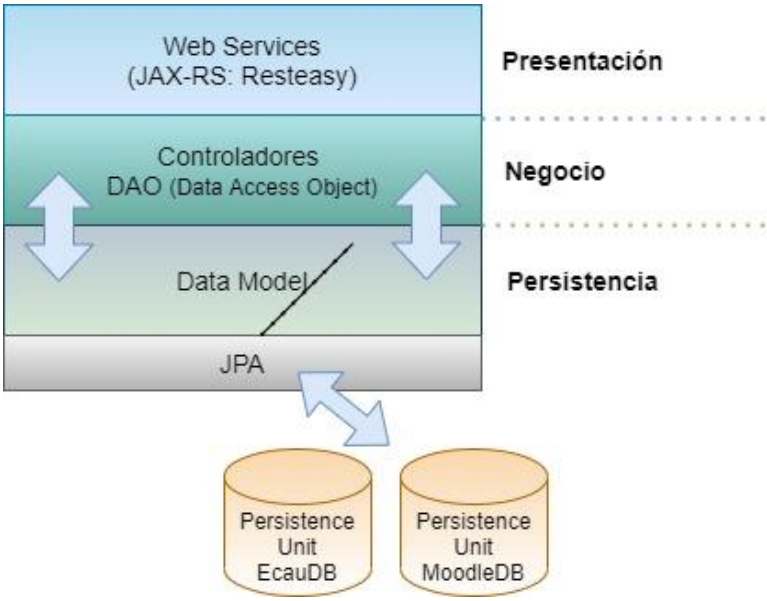


MATERIALES Y MÉTODOS

La aplicación que presta servicios del lado del servidor (SaaS), se despliega sobre un servidor de aplicaciones Java implementado en la capa de PaaS (Plataforma como servicios) en nuestro contexto de desarrollo Cloud. En particular se ha usado Wildfly 10.0, no obstante, el desarrollo es portable y puede desplegarse en otros applications servers tales como JBoss, Tomcat, GlassFish, WebLogic, etc. (Barry, Dick, 2013, Zirpins et al, 2021). La aplicación en el back-end respeta una arquitectura por capas con la estructura que muestra la Figura 2 (Rosado de la Cruz & Paiva, 2016).

Figura 2

Arquitectura de la aplicación



La capa de Presentación constituye la interfase del back-end con el front-end. Se ubican aquí los servicios web que el servidor brinda a la App Nativa Android u otros clientes que a futuro quisieran integrarse. Estos servicios constituyen un conjunto de recursos disponibles a través de protocolo HTTP que reciben peticiones de los usuarios (vía clientes HTTP-REST), las procesan y envían una respuesta. Los servicios web, han sido desarrollados usando Resteasy. Resteasy es una implementación portable de la especificación JAX-RS (JSR 311 & JSR 339) que funciona en cualquier contenedor de Servlets. Constituye una API Java para implementar Restful Web Services.

La Capa de Negocio gestiona los procesos del entorno. Aquí se resuelve el registro de un alumno y la gestión de su recorrido por la secuencia actividades conforme a su paso por los puntos geográficos definidos. Los servicios web en la capa de presentación hacen uso de los objetos definidos en este modelo, con sus datos y comportamientos. A su vez, a través de los objetos de acceso a datos (DAO - Data Access Object)

definidos en esta capa, se vincula a la capa de persistencia mediante JPA (Java Persistence API).
El hecho de usar JPA para acceder a la base de datos relacional automatiza las conversiones de datos necesarias para realizar transacciones, y demuestra ser una tecnología que se escala bien conforme una base de datos crece y se vuelve más compleja.
En la Capa de Persistencia, se ubican los objetos persistentes del modelo. La conversión del modelo orientado a objetos en la capa de negocio, a un modelo de datos relacional es resuelto por JPA/Hibernate. Donde JPA es una especificación, parte de EJB 3 (JSR 220), mientras que Hibernate es un framework de persistencia que implementa dicha especificación. En este sentido, el desarrollo también gana independencia respecto del framework de persistencia, ya que Hibernate podría reemplazarse por otro en caso de ser necesario, tal como Eclipselink, ObjectDB, Toplink, OpenJPA, etc.

RESULTADOS

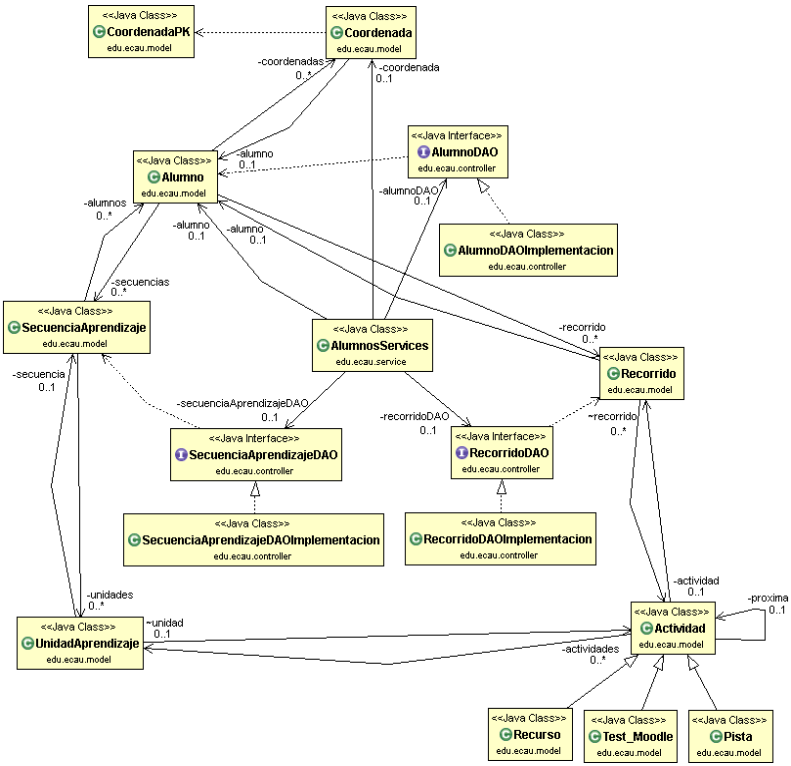
Se presenta en la Figura 3 el diagrama de clases que modela la arquitectura propuesta en la sección anterior. Se muestran solo los aspectos principales, habiendo suprimido clases utilitarias y no esenciales en el diagrama.

Class AlumnosServices:

Es la principal clase en la capa de presentación. Cada método en esta clase implementa uno de los servicios web del entorno. Aquí se agregan atributos de las interfaces de acceso a objetos de datos (DAO) y de los beans de entidad Alumno y Coordenada para conectar la capa de presentación con la capa de negocio.
Contiene métodos auxiliares como por ej. getHolaMundo(), para testear si el servicio está operativo.
Una de las tareas necesarias es registrar a un alumno en el entorno, lo cual se realiza con el método registrarAlumno(), al que se le pasa el nombre del usuario Moodle y su clave. Para esto se implementa un servicio que es utilizado por la App Móvil cuando un alumno se “loguea” en el entorno por primera vez, al “re-loguearse” en el mismo dispositivo, o si lo hace en otro dispositivo.
Otro aspecto que se debe atender es registrar la lista de coordenadas GPS (latitud, longitud) utilizadas para definir los geo-vallados de un alumno, lo cual se hace mediante el método registrarCoordenadas(). Las coordenadas GPS a registrar para el alumno se serializan en un objeto JSON.
Complementariamente a lo anterior, es necesario poder recuperar las coordenadas registradas por un alumno, lo que se hace en el método getCoordenadas(), que devuelve la lista de coordenadas almacenadas para el alumno, con el detalle del orden de procesamiento y su estado, todo esto implementado con una cadena JSON.

Figura 3

Diagrama de clases que modela el entorno.



Otro requerimiento es seguir la traza del trayecto que realiza un alumno, función que cumple el método getProximoURI(), que obtiene la próxima actividad a realizar por el alumno. Esta actividad puede ser del tipo Recurso, Test o Pista (ayuda). Complementariamente, se actualiza el estado de la coordenada asociada a la actividad que está en curso, regresando una cadena JSON que permite identificar el tipo de actividad (Recurso, Test o Pista), la URI de acceso al recurso web (típicamente una URL), y el estado de procesamiento de la coordenada asociada. Es el servicio de mayor complejidad y el que más requerimientos realiza a la capa de negocio.

También se necesita conocer cuáles actividades han sido completadas por un alumno, para lo cual se usa el método registrarActividadConsumidaEnRecorrido(). Este servicio es requerido cuando el alumno indica que completó una actividad. Esto es necesario para luego determinar si un alumno está en condiciones de pasar a la siguiente actividad de su recorrido.

Class AlumnoDAO:

Esta interface de la capa de negocio modela un controlador de sesión que permite acceder y gestionar los datos de un alumno y sus coordenadas. Trabaja en un contexto creado a partir de una unidad de persistencia. El contexto delimita el alcance de las transacciones y solo se tendrá acceso a las entidades definidas por la unidad de persistencia con que fue creado. A partir del contexto de persistencia, se define un EntityManager (Administrador de entidades en JPA) con el que se gestionan las entidades alcanzadas por el contexto.

Sus métodos, son accedidos desde los servicios web en la capa de presentación:

- registrarAlumno(): persiste un objeto del tipo alumno.
- actualizarAlumno(): realiza un merge para actualizar datos de un alumno.
- getAlumno(): ejecuta un query para obtener un objeto Alumno.
- getAlumno_porUsername(): hace un query para obtener un objeto Alumno que se le indica.
- getCoordenada(): obtiene de la lista de coordenadas de un alumno.
- cambiarEstadoCoordenada(): cambia los atributos del objeto coordenada recibido como parámetro, produciendo cambios que se persisten en la BD.
- calcularOrdenCoordenada(): calcula el orden correspondiente a la coordenada recibida como parámetro, incrementando en uno el orden de la última coordenada procesada para un alumno.
- getEstadoCoordenada(): devuelve el código de estado de la coordenada (0 – No procesada, 1 – En proceso, 2 – procesada).

En todos los casos se opera sobre objetos y sus relaciones en el entorno, no sobre tablas de la BD. Luego JPA mediante anotaciones implementa las conversiones necesarias. Esto permite mantener la independencia entre capas; así, la capa de presentación no se ocupa de cómo se implementan las operaciones sobre los objetos persistentes para gestionar los datos, solo utiliza sus servicios. Del mismo modo, la capa de negocio ve el modelo de datos como un modelo OO sin ocuparse de cómo se resuelve -en la capa de persistencia- el almacenamiento de datos en la BD.

Class SecuenciaAprendizajeDAO:

Esta interface en la capa de negocio modela un controlador de sesión para acceder y gestionar los datos de una secuencia de aprendizaje. Opera en un contexto de persistencia creado a partir de la unidad de persistencia. Sus métodos son accedidos desde la capa de presentación:

• getSecuencias(): devuelve una lista con las secuencias de aprendizaje existentes.

Class RecorridoDAO:
Esta interface de la capa de negocio modela un controlador de sesión que permite acceder y gestionar el recorrido de un alumno en la secuencia de aprendizaje. Sus métodos, son accedidos desde los servicios web en la capa de presentación:

• registrarRecorrido(): persiste un objeto del tipo Recorrido, que vincula una actividad en particular a un alumno que la ha accedido y/o consumido.

• actualizarRecorrido(): realiza una operación del tipo merge para actualizar un objeto del tipo Recorrido. Este método es invocado por un servicio web para registrar en el recorrido de un alumno que completó o consumió la actividad en curso.

Las clases Alumno, Coordenada, Actividad, Recorrido, SecuenciaAprendizaje, UnidadAprendizaje, Recurso, y Pista, constituyen la capa de persistencia. Estas clases son beans de entidad, es decir clases persistentes. Son POJOS (Plain Old Java Object) con atributos y métodos set, get que agregan anotaciones JPA para constituirse en clases de entidad y establecer las relaciones entre sí. Luego, estas clases y sus relaciones son traducidas por JPA en tablas y relaciones en la BD.

DISCUSIÓN

Respecto del modelo de integración con Moodle, resulta de interés destacar como se resuelve la integración, de modo que para el usuario esta integración sea transparente y la App sea el único ambiente con el cual debe interactuar. En la Figura 4 se muestra las clases que modelan esta integración.

Class UsuarioMoodleDAO:
Sus métodos, son accedidos desde los servicios web en la capa de presentación para realizar comprobaciones vinculadas al alumno contra la BD de Moodle.

• verificarUsuarioMoodle(): verifica que el alumno identificado por el username y password recibidos como parámetros exista como usuario en la BD de la plataforma Moodle a la cual se integra el

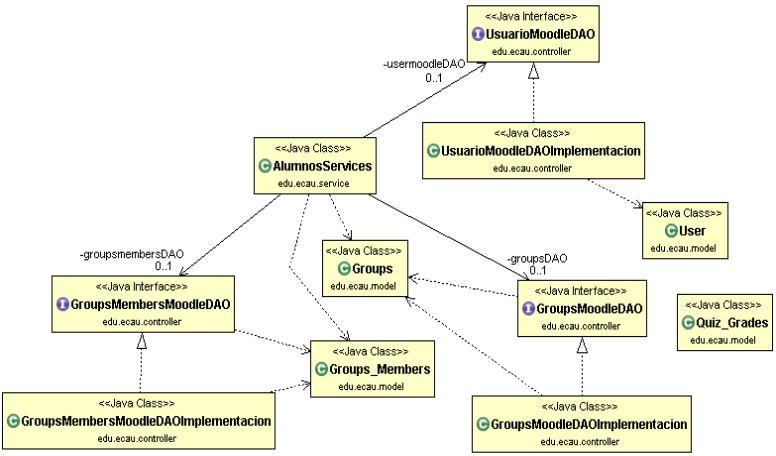
entorno, devolviendo un código para indicar el resultado de la operación.

• verificarAprobacionTestMoodle(): realiza un query a la BD de Moodle para verificar si el usuario recibido como parámetro, aprobó o no el test vinculado al quiz_moodle_id recibido. Para determinar la aprobación, la nota obtenida debe superar la nota de aprobación recibida como parámetro.

• getUserMoodleID(): devuelve el identificador unívoco de usuario en la BD Moodle para el usuario recibido como parámetro.

Figura 4

Diagrama de clases integración con Moodle



Class GroupsMoodleDAO:

Sus métodos, son accedidos desde los servicios web en la capa de presentación para agregar usuarios a grupos de Moodle al momento de habilitar test.

• getGroup(): obtiene un objeto del tipo Grupo (beans de entidad) que modela un grupo de usuarios Moodle cuyo identificador (id) está vinculado a un test.

• actualizarFechaUltimaModificacion(): actualiza la fecha de la última modificación del grupo Moodle que recibe como parámetro. Esto es un requisito para que Moodle advierta la modificación realizada.

Class GroupsMembersMoodleDAO:

Obsérvese que sus métodos, son accedidos desde los servicios web en la capa de presentación para agregar usuarios a grupos de Moodle al momento de habilitar test.

• agregarUsuarioEnGrupo(): persiste un objeto del tipo GroupsMembers en el que se vincula un usuario Moodle a un grupo. Se usa cuando debe agregarse un usuario a un grupo para que le sea habilitado un test.

• estaUsuarioEnGrupo(): realiza un query a la BD de Moodle para verificar si un usuario pertenece a un grupo. El usuario y grupo se identifican de forma unívoca mediante los id recibidos como parámetros.

• call_PurgeCacheMoodle(): ejecuta un request http a la página helper2.php existente en el directorio de instalación de Moodle. Esta página, construida de forma especial para la integración del entorno con Moodle contiene una función que limpia la cache de Moodle. Esta acción es requerida cuando se agrega un usuario a un grupo para que el cambio sea inmediatamente tomado en cuenta y el usuario pueda acceder al test habilitado para ese grupo.

Las clases User, Groups, Groups_Members y Quiz_Grades definen beans de entidad gestionados por la unidad de persistencia que conecta a la BD de Moodle. Son la extracción al mundo ORM de las tablas que les corresponden en el modelo relacional de la BD de Moodle. De hecho, las clases se construyeron en base a un proceso de ingeniería inversa sobre las tablas de la BD. Nótese, que Moodle maneja todas las relaciones entre tablas a nivel de código; y no define relaciones entre tablas en su esquema de BD. Por ello, nuestro diagrama de clases de integración tampoco relaciona las clases entre sí. Las clases incluidas en este diagrama son POJOs cuyos atributos coinciden con los campos de las tablas que les corresponden en la BD Moodle.

User mantiene el nombre de usuario y password tanto en nuestro entorno como en Moodle. Groups y Groups Members se utilizan desde el entorno al momento que se requiere agregar un alumno/usuario Moodle a un grupo. Los grupos Moodle se utilizan en nuestro contexto para controlar cuando se debe habilitar un Test a un alumno. La tabla Quiz_Grades de la BD

Moodle mantiene registro de la calificación que un usuario obtuvo en una actividad del módulo Quiz de Moodle.

CONCLUSIONES

El artículo rescata una porción del trabajo realizado para la construcción de una solución MCC (Mobile Cloud Computing) que integra una App Móvil delgada a un conjunto de servicios web que gestionan los comportamientos requeridos en el back-end y su integración con la plataforma de e-learning Moodle. Esta integración es relevante, para que la aplicación pueda aprovechar los módulos de gestión de aulas y grupos de estudiantes de Moodle, sus herramientas de evaluación, calificación y gestión de contenido.

El producto obtenido, permite que el alumno perciba la App móvil (el front-end del entorno) como una solución integral que le permite resolver todas las actividades de su recorrido de aprendizaje, sin que requiera salir de la aplicación para interactuar con Moodle o visualizar un recurso en otra interfase.

El diagrama de clases descripto permite comprender como la solución de cloud computing implementada en el back-end, resuelve la complejidad de procesamiento y posibilita que el producto sea flexible y pueda adaptarse a diversos recorridos y tipos de contenido u objetos de aprendizaje que los equipos docentes de distintas disciplinas pueden construir.

La integración transparente y directa con la plataforma Moodle, resuelta en el back-end, constituye un valioso aporte al estado del arte, por cuanto no se encontraron soluciones prexistentes de características similares. Aprovechar la experiencia y funcionalidades de esta plataforma educativa en constante crecimiento y actualización, para potenciar otros desarrollos innovadores tanto en el ámbito educativo como de la computación móvil abre un amplio menú de nuevas opciones.

Destaca que en todos los casos se opera sobre objetos y sus relaciones en el entorno, no sobre tablas de la BD. Es mediante el uso de JPA donde se resuelven las conversiones necesarias.

Es importante notar también la independencia entre capas. La capa de presentación no se preocupa de cómo se implementan las operaciones sobre los objetos persistentes para gestionar los datos, solo utiliza sus servicios. Así mismo, la capa de negocio ve el modelo de datos como un modelo OO sin preocuparse de cómo resuelve luego la capa de persistencia el almacenamiento de datos en la BD.

El hecho de separar la interface de los DAO de su implementación es una buena práctica. Estas clases son la extracción al mundo ORM (Object Relational Mapping) de las tablas que les corresponden en el modelo relacional de la BD del entorno.

La arquitectura propuesta no requiere que se trabaje de manera directa sobre la BD, ni sobre su modelo de entidad relación MER. Todas las tablas y relaciones se generan de manera automática, y cualquier cambio requerido se realiza en el código de las entidades en el modelo de persistencia. Así, el desarrollador piensa siempre en términos de objetos y no de modelo relacional. Es decir, piensa en términos del ORM y no del MER. En este caso el ORM es JPA/Hibernate.
La integración se realiza, casi totalmente, a nivel de BD. Por ello, estas clases definen beans de entidad gestionados por la unidad de persistencia moodledb. Son la extracción al mundo ORM de las tablas que les corresponden en el modelo relacional de la BD de Moodle. De hecho, las clases se construyeron en base a un proceso de ingeniería inversa sobre las tablas de la BD.
La arquitectura propuesta para el back-end, que prioriza la independencia entre capas posibilita que los servicios web incluidos en la capa de presentación no deban preocuparse de cómo se implementan las operaciones sobre los objetos persistentes. Así mismo, la capa de negocio ve el modelo de datos como un modelo OO sin preocuparse en cómo luego la capa de persistencia resuelve el almacenamiento de datos. De este modo, el modelo es independiente del motor de persistencia y de la BD con que se implementa el almacenamiento en las capas subyacentes. Esta independencia de la arquitectura subyacente proporciona como ventaja mayor posibilidad de abstracción en el modelo, mayor portabilidad, y mayor escalabilidad futura de la aplicación.
El uso de JPA para acceder a la base de datos relacional automatiza las conversiones de datos necesarias para realizar transacciones, y demuestra ser una tecnología que escala bien conforme una base de datos crece y se vuelve más compleja
El uso de REST para la construcción de los servicios web resuelve con simplicidad la integración entre el front-end y el back-end, posibilitando el uso de JSON para el intercambio de mensajes, lo cual provee una alternativa sencilla de implementar, estandarizada y estable, más liviana que XML y más segura que el intercambio de objetos binarios.
En síntesis, el resultado obtenido cumple con la especificación funcional propuesta, resuelve los principales problemas tecnológicos planteados y constituye un aporte al desarrollo de experiencias en el ámbito educativo en el marco del PID de referencia.

AGRADECIMIENTOS

El artículo es resultado del proyecto PID UTN4741: “Desarrollo de un entorno basado en Cloud Computing para Aprendizaje Ubicuo” el cual es financiado por la FRM - UTN, Mendoza- Argentina.

REFERENCIAS

Barry, D. & Dick D. (2013). *Web Services, Service-Oriented Architectures, and Cloud Computing: The Savvy Manager's Guide* (2nd Ed.). Morgan Kaufmann

Burbules, N. (2012). El aprendizaje ubicuo y el futuro de la enseñanza. *Encounters on Education, 13*, 3–14.

Gazcón, N. F., Larregui, J. I., Castro, S. M. (2016). La Realidad Aumentada como complemento motivacional Libros Aumentados y Reconstrucción 3D. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación, 17*(junio), 7-15.

Google (7 de marzo de 2018). GOOGLEMAPS API. Disponible en https://developers.google.com/maps/ documentation/android-api/ current-place-tutorial

Raj Amal, W. (2015). *Learning Android Google Maps*. Packt Publishing.

Rosado da Cruz, A. M. & Paiva S. (2016). *Modern software engineering methodologies for mobile and cloud environments*. Information Science Reference. DOI: 10.4018/978-1-4666-9916-8.

Zirpins, I. Paraskakis, V. Andrikopoulos, N. Kratzke, C. Pahl, N. El Ioini, A. S. Andreou, G. Feuerlicht & W. Lamersdorf (Editors). (2021). *Advances in Service-Oriented and Cloud Computing: Proceedings of the International Workshops of ESOCC 2020.* Springer.

* * *

GESTIÓN ORGANIZACIONAL Y CALIDAD

COMPROMISO CON EL TRABAJO Y EL CICLO DE ALTO RENDIMIENTO DE KONDO EN EL CONTEXTO DE POS PANDEMIA. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE MOTIVACIÓN DE LA GENERACIÓN Z EN ARGENTINA

Esteban Anzoise[1]; Cristina A. Scaraffia[1]; Julio H. Cuenca[1]

[1] Grupo IEMI, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.
eanzoise@gmail.com, cscaraffia@yahoo.com.ar, jhcuenca@frm.utn.edu.ar

Resumen: Diversos estudios longitudinales sobre la satisfacción de la fuerza laboral en Argentina en el periodo 2016-2022 muestran consistentemente el alto nivel de insatisfacción de la Generación Z así como la alta tasa de rotación de la misma. Dada la relación entre productividad y nivel de satisfacción de la fuerza laboral en Argentina y considerando que la Generación Z comprende el 22% de la misma al año 2022 y alcanzará al 42% en el año 2030 es necesario identificar factores motivacionales que permitan mejorar su nivel de satisfacción y por ende el de productividad. El aspecto novedoso de este trabajo radica en el enfoque del problema desde la perspectiva del Ciclo de Alto Rendimiento propuesto por Yoshio Kondo y su integración con el Modelo General de Motivación y el Modelo de Compromiso de la Fuerza Laboral. Dado que el Ciclo de Alto Rendimiento propuesto por Yoshio Kondo establece la relación entre Objetivos Claros y Desafiantes, factores motivacionales, productividad, costos de la no calidad, compromiso con la organización y satisfacción con el trabajo, se consideró para su análisis estudios longitudinales de satisfacción con el trabajo y de factores motivacionales de la fuerza laboral en Argentina en el período 2009 – 2022. Como primera conclusión desde 2016 persiste la brecha entre los factores satisfactores y de mantenimiento identificados por la Generación Z y aquellos priorizados por las organizaciones. Esta brecha sería uno de los principales causales de la caída del nivel de satisfacción de la fuerza laboral que oscila alrededor del 75% (2019-2021) así como del 35% de la fuerza laboral que planea cambiar de empleo cada año. Como segunda conclusión, se halla que el Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo muestra el impacto positivo de un estilo de supervisión centrado en objetivos claros y desafiantes, y el desarrollo de la creatividad y responsabilidad del individuo en la mejora del compromiso con el trabajo y el nivel de satisfacción de la fuerza laboral. Su aplicación permitiría reducir la alta rotación de la Generación Z (14%),

reducir la intención de cambiar de empleo (41%) e incrementar la productividad. Como tercera conclusión, los estudios longitudinales muestran que no solo la importancia del trabajo en Argentina (33% muy importante/importante) es menor que en Latinoamérica (55%) y mucho menor que en la cultura japonesa (85%), sino que el nivel de compromiso con el trabajo en Argentina (20%) es menor que en Latinoamérica (23%) y mucho menor que en Estados Unidos (35%). Esto debería convertirse en un punto de aprendizaje para las organizaciones para identificar los factores motivacionales que realmente impactan en los costos de la calidad y por ende en la productividad. Desde la perspectiva de Kondo, la mejora en la productividad y la reducción de los costos de la calidad son factores que conducen a un mayor nivel de satisfacción y por ende a un mayor nivel de compromiso con el trabajo lo que redunda en la mejora de los restantes indicadores organizacionales. A la fecha hay una ausencia de estudios sobre la capacidad del Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo de impactar en forma positiva en el nivel de productividad en el contexto latino americano. Este estudio contribuye a llenar dicho vacío en la literatura existente.

Palabras claves: calidad, Ciclo de Alto Rendimiento, Yoshio Kondo, Generación Z, factores motivacionales, compromiso con el trabajo, productividad.

INTRODUCCIÓN

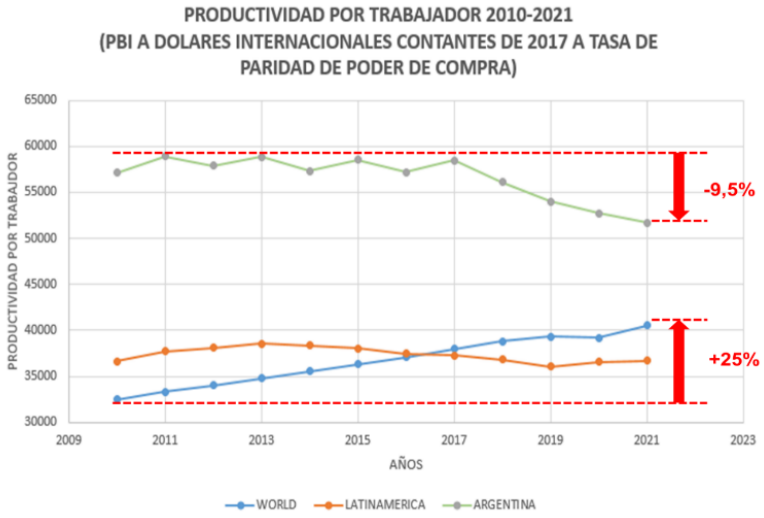
La productividad definida en términos económicos como “la eficiencia con que los insumos de producción, como el trabajo y el capital, se utilizan en una economía para producir un nivel dado de producción” (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2021) se considera una fuente clave de crecimiento económico y competitividad de las naciones tal como lo expresa Paul Krugman (1997) “la productividad no lo es todo, pero a la larga es casi todo. La capacidad de un país para mejorar su nivel de vida a lo largo del tiempo depende casi por completo de su capacidad para aumentar su producción por hora-hombre” (Krugman, 1997, p. 12). Diversos estudios longitudinales muestran que el crecimiento de la productividad es importante para el bienestar de un país dado su impacto significativo en los ingresos, la creación de nuevos puestos de trabajo y la disminución del desempleo y en diversas dimensiones no materiales como la salud de las personas (Dieppe, Francis, & Kindberg-Hanlon, 2021;

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2003a, 2003b, 2009, 2016, 2017, 2019).

En particular, la productividad laboral representa el volumen total de producción (medido en términos de Producto Interior Bruto, PIB) producido por unidad de trabajo (medido en términos de número de personas empleadas u horas trabajadas) durante un periodo de referencia temporal determinado. El indicador permite a los usuarios de los datos evaluar los niveles y las tasas de crecimiento de la relación entre el PIB y la mano de obra a lo largo del tiempo, proporcionando así información general sobre la eficiencia y la calidad del capital humano en el proceso de producción para un contexto económico y social determinado, incluidos otros insumos complementarios e innovaciones utilizados en la producción. Si se considera el periodo 2010 – 2021 en términos de productividad por trabajador (expresada en PBI a dolares contantes internacionales a 2017 utilizando la tasa de paridad de poder de compra), mientras a escala global se incrementa 24,7%, en Latino América se incrementa 0,01% y en Argentina cae 9,5% (International Labour Organization (ILO), 2022) como se ve en la Figura 1. El análisis de la fuerza laboral en Argentina muestra que en el período 2016 – 2022 el nivel de Satisfacción General promedio oscila alrededor del 73% (A24, 2022; RANDSTAD ARGENTINA S.A., 2016, 2017; Randstad N.V., 2018b) con una disminución de 4,5 puntos respecto del nivel de satisfacción en el año 2020 (79,1%) (iProfesional, 2022). Dada la correlación positiva entre Satisfacción en el Trabajo y Productividad, la identificación de factores de motivación que permitan incrementar la satisfacción en el trabajo permitiría reorientar las decisiones organizacionales para poder incrementar el nivel de productividad. La novedad de este estudio es el análisis desde el enfoque del Ciclo de Alto Rendimiento propuesto por el Dr. Yoshio Kondo que guía la identificación de mecanismos concretos de mejora del nivel de productividad.

Figura 1

Evolución de Productividad Multifactorial y Producto Bruto Interno en países selectos en el período 1954-2019.



Nota. A partir de datos de International Labour Organization (ILO). (2022, 01/07/2022). Output per worker (GDP constant 2017 international $ at PPP) -- ILO modelled estimates, Nov. 2021 | Annual. *Statistics on labour productivity.* Retrieved 11/09/2022, 2022, from https://ilostat.ilo.org/topics/labour-productivity/

RELACIÓN ENTRE PRODUCTIVIDAD Y SATISFACCIÓN CON EL TRABAJO.

La Escuela Científica o Clásica, surgida a partir de los trabajos pioneros de Frederick Winslow Taylor, Max Weber y Henri Fayol, se caracteriza por su foco en los métodos de producción y la búsqueda de principios universales para administrar una organización (Koontz, Weihrich, & Cannice, 2012). Este enfoque implica la búsqueda de la forma correcta y por lo tanto única que podía aplicarse en todo tipo de organización y por ende en todo tipo de situación. La Experiencia de Hawthorne (1924-1933) mostró que la productividad de los empleados no solo es función de los métodos de producción, las condiciones de trabajo o el

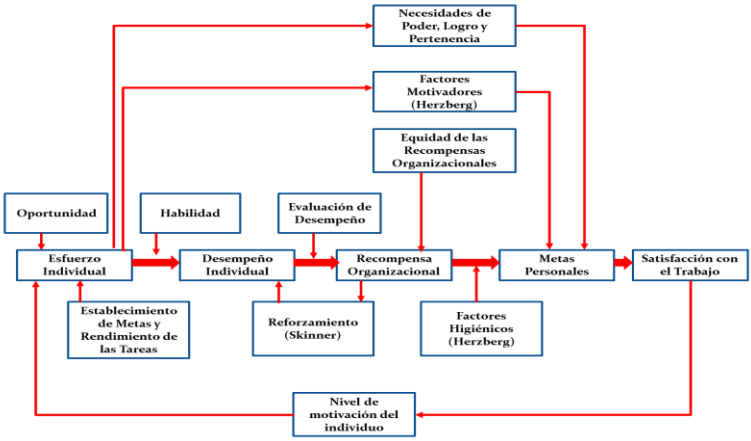
salario asignado, sino que depende principalmente de la satisfacción de los empleados con su puesto de trabajo. La creación de un ambiente de trabajo en equipo entre supervisores y trabajadores y el establecimiento de un propósito común amplía el nivel de satisfacción y por ende la moral de los empleados lo que redunda en un mayor nivel de satisfacción y un incremento de la productividad (Harvard Business School, 2022). El trabajo pionero de Elton Mayo, profesor of Gestión Industrial en Harvard Business School, y Fritz J. Roethlisberger en la planta industrial de Western Electric Hawthorne Works ubicada en Cicero, Illinois, USA sentó las bases para el surgimiento de la Escuela de Relaciones Humanas en el campo de la administración (Harvard Business School, 2022). Desde esta perspectiva, diversos autores desarrollan y expanden el concepto de motivación y su relación con la satisfacción laboral (Luthans, 2011). El enfoque de la Jerarquía de las Necesidades formulada por Maslow (Maslow, 1989), la identificación de los Factores Motivadores e Higiénicos por Herzberg (Herzberg, 1968) y la variante de la misma propuesta por Alderfer sientan las bases para las Teorías Motivacionales de Contenido. En forma concurrente surgen las Teorías de la Motivación como un Proceso a partir del enfoque de las expectativas desarrollado por Lewin y Tolman, la Teoría de la Valencia y las Expectativas propuesta por Vroom (Vroom & Yetton, 1973), la Teoría de la Satisfacción y el Rendimiento de Porter y Lawler y la Teoría del Establecimiento de Metas y Rendimiento de las Tareas propuesta por Latham y Locke (Locke, Latham, & Smith, 1990). El Modelo Integrado de Motivación (Figura 2) conecta las diversas teorías y muestra lo complejidad del proceso de motivación y la ausencia de un proceso lineal que permita conectar los factores de motivación con la satisfacción del individuo (Robbins & Judge, 2005).

Las mediciones actuales de la satisfacción en el trabajo de la fuerza laboral a nivel global y en Argentina, conectan diversos factores de motivación, principalmente desde la Teoría de los Dos Factores de Herzberg y el Modelo de Hackman-Oldham de las Características del Trabajo. la Teoría de los Dos Factores de Herzberg modifica considerablemente el enfoque de necesidades de Maslow. Herzberg propuso la Teoría de Motivación e Higiene, también conocida como la "Teoría de los dos factores" en 1959.

Esta teoría “sugiere que los factores involucrados en producir satisfacción en el trabajo (y por ende motivación) están separados y son distintos de los factores que producen insatisfacción en el trabajo” (Herzberg, 1968). Por lo que lo opuesto a la satisfacción en el trabajo es no satisfacción en el trabajo y similarmente, lo opuesto a la insatisfacción en el trabajo es no insatisfacción en el trabajo. Desde este punto de vista dos tipos diferentes de necesidades humanas están involucradas.

Figura 2

Modelo Integrado de Motivación



Nota. Adaptado de Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2005). Comportamiento organizacional (L. E. Pineda Ayala, Trans. 15 ed., p. 227). Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Educación de México, S.A. de G.V.

Desde la perspectiva de las Teorías de Contenido y siguiendo a Maslow, se puede distinguir las necesidades que surgen de la propia naturaleza del ser humano (no son aprendidas) cuando existe un desbalance fisiológico y/o psicológico (por ejemplo: ausencia de alimento en su cuerpo). Este desbalance lo mueve a la acción generando un impulso energizante (*driver* o motivador que siguiendo el ejemplo sería hambre) para alcanzar aquello que

aliviará la necesidad y reducirá el impulsor (consumir comida) (Luthans, 2011; Robbins & Coulter, 2005). Este tipo de motivadores se denominan primarios, fisiológicos, biológicos ya que son vitales para la supervivencia e incluye hambre, sed, sueño, evitar el dolor, el impulso sexual y la preocupación maternal. En el contexto del siglo XXI, satisfacer dichas necesidades básicas requiere dinero como término de intercambio por lo que éste se vuele un impulsor específico (Herzberg, 1968).

En un plano diferente se hallan las necesidades relacionadas a la habilidad característica del ser humano de lograr y a través del logro experimentar el crecimiento psicológico (Herzberg, 1968). Este segundo conjunto se denomina motivadores secundarios o aprendidos e incluyen el sentido de pertenencia, la sensación de logro, poder, seguridad y estatus (Luthans, 2011; Robbins & Coulter, 2005). En el contexto organizacional se describen como el contenido del puesto del trabajo (Herzberg, 1968). Por ejemplo, el no hacerlo mejor que la competencia; no alcanzar o superar un objetivo organizacional difícil; no poder resolver un problema complejo; no hallar una mejor forma de realizar una tarea o de ejecutar en forma exitosa una tarea desafiante asignada lleva al surgimiento del impulsor o motivador sensación de logro que mueve al individuo a lograr el objetivo lo que alivia la necesidad existente y reduce el impulsor (*driver*) (Luthans, 2011).

A partir de este enfoque teórico, Herzberg postula que las personas están influenciadas por dos factores. El primero de ellos es la *satisfacción con el trabajo,* que está asociado al puesto de trabajo, y es el resultado de los *factores de motivación* como logros[1], reconocimiento por los logros alcanzados[2], el trabajo en sí[3],

[1] [Achievement] Herzberg lo define como “completar en forma exitosa una tarea asignada” (Herzberg, Mausner, & Snyderman, 2017, p. 59)

[2] [Recognition] Herzberg lo define como muestra de apreciación por parte de supervisores, pares, clientes o subordinados luego de completar en forma exitosa una tarea asignada (Herzberg et al., 2017)

[3] [Work itself] Herzberg lo define como “aspectos del trabajo que dan a las personas una enorme satisfacción … dichos aspectos están relacionados con la naturaleza del trabajo y son recompensantes por sí mismos con o sin alcanzar un logro laboral o recibir reconocimiento por el mismo” (Herzberg et al., 2017, p. 61)

responsabilidad[4], promoción en la estructura jerárquica[5] y el crecimiento profesional o laboral. Estos factores ayudan a aumentar la satisfacción del individuo, pero tienen poco efecto sobre la insatisfacción (Herzberg, 1968). El segundo factor es la *insatisfacción con el trabajo,* que está asociado al contexto dentro del cual se halla el puesto de trabajo, es el resultado de los *factores de higiene*[6] tales como sueldo y beneficios, política de la empresa y su organización, relaciones con los compañeros de trabajo, ambiente físico, supervisión, status y seguridad laboral (Herzberg, 1968). Si estos factores faltan o son inadecuados, causan insatisfacción, pero su presencia tiene muy poco efecto en la satisfacción a largo plazo[7] (Koontz & Weihrich, 1998; Lindner, 1998; Miner, 2005). El trabajo inicial de Herzberg lo realizó sobre unos 200 contables e ingenieros empleados en empresas ubicadas en Pittsburgh, Pennsylvania, y sus alrededores. Utilizó el método de incidentes críticos para obtener datos para el análisis. A los sujetos profesionales del estudio se les hicieron esencialmente dos preguntas: (1) ¿Cuándo se sintió especialmente bien en su trabajo, qué le gustó?; y (2) ¿Cuándo se sintió excepcionalmente mal en su trabajo, qué le disgustó? (Luthans, 2011). Estos resultados fueron confirmados con diversos meta-análisis cuyos resultados se muestran en la Figura 3.

---

[4] [Responsability] Herzberg lo define como "que a uno le permitan trabajar sin supervisión, ser responsable por los esfuerzos que uno debe realizar, que a uno le asignen ser responsable por el trabajo de otros, y ser asignado a un nuevo puesto de trabajo con nuevas responsabilidades pero sin un avance formal en la jerarquía de la organización" (Herzberg et al., 2017, p. 61)

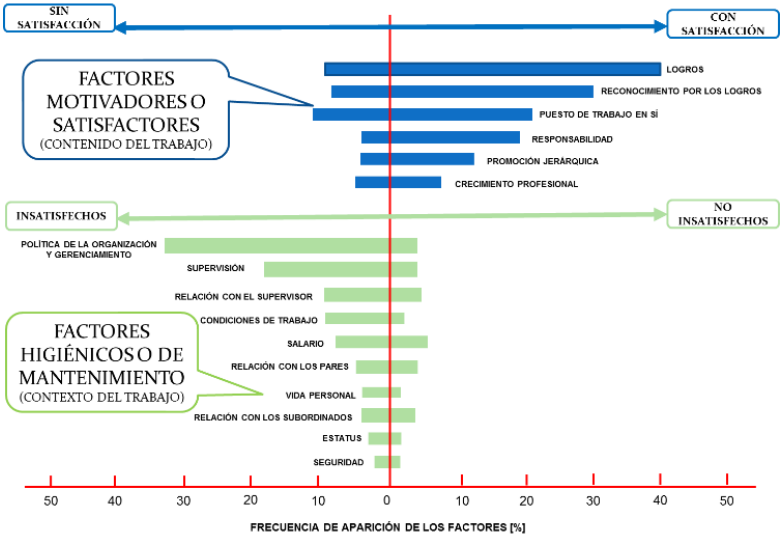
[5] [Advancement] Herzberg lo define como la promoción en el sistema jerárquico que puede venir sin ser anunciada (Herzberg et al., 2017)

[6] Nota del autor: El término higiene se refiere (al igual que en el campo de la salud) a los factores que son preventivos; en la teoría de Herzberg los factores de higiene son los que previenen la insatisfacción (Luthans, 2011, p. 165).

[7] Nota del autor: En sus últimas contribuciones realizadas para los que aplican estos principios teóricos en la práctica, Herzberg fue desplazando el foco principal de su trabajo hacia la importancia del trabajo en sí mismo respecto del foco original que eran las variables higiénicas. Herzberg enfatizó que "el trabajo debe ser enriquecido en una forma tal que permita a la gente motivarse para poder tener un rendimiento efectivo" (Latham, 2007, p. 39)

Figura 3

Comparación de factores de satisfacción e insatisfacción de la Teoría de los Dos Factores de Herzberg

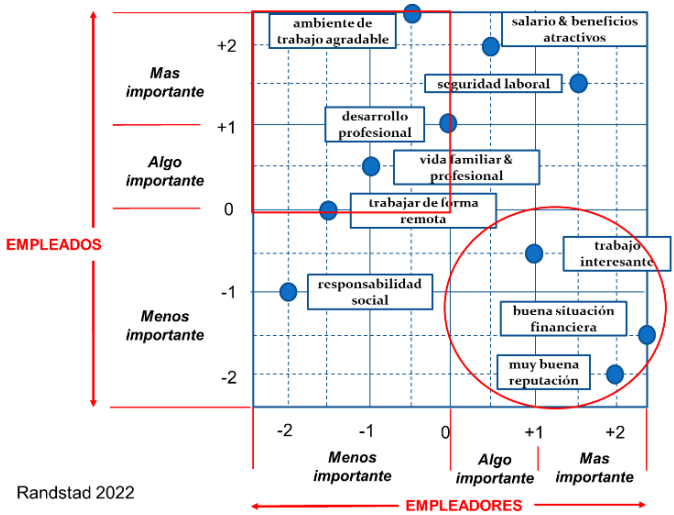


Nota. Adaptado de Herzberg, F. (1968). One more time: How do you motivate employees? . *Harvard Business Review, 46*(1), p53-62, 10p.

Las mediciones actuales de la satisfacción en el trabajo de la fuerza laboral a nivel global y en Argentina, conectan diversos factores de motivación, principalmente desde la Teoría de los Dos Factores de Herzberg, tales como trabajo interesante y oportunidades de desarrollo profesional (Factores motivadores o Satisfactores) y reputación de la organización; buena situación financiera; responsabilidad social; ambiente de trabajo agradable; equilibrio vida familiar & profesional; uso de las tecnologías más recientes; salario & beneficios atractivos y seguridad laboral (Gallup, 2022a; Randstad N.V., 2020; Richardson & Antonello, 2022) con el nivel de satisfacción de la fuerza laboral (Figura 4).

Figura 4

Brecha entre los factores de motivación considerados prioritarios por la fuerza laboral y los priorizados por las organizaciones en Argentina al 2022



Nota. Elaborado a partir de datos presentados por Randstad N.V. (2022). Employer Brand Research 2022. Country report Argentina. Human Forward. *Employer Brand Research* (pp. 51). CABA, Argentina: Randstad N.V.

En el período 2014-2022, diversos estudios muestran en Argentina la persistencia longitudinal de la brecha entre los factores de motivación considerados prioritarios por la fuerza laboral (ambiente de trabajo agradable; salario y beneficios atractivos y oportunidades de desarrollo profesional) y los priorizados por las organizaciones (buena situación financiera; muy buena reputación y seguridad laboral) (Randstad N.V., 2016, 2017, 2018a, 2018b, 2019, 2020, 2021, 2022). De igual forma muestran un valor creciente de stress en el periodo 2014-2019 (21%) alcanzando un incremento al 2021 del 33% respecto de 2014 (Gallup, 2022a). Siguiendo el Modelo Integrado de Motivación, resulta lógico que el análisis de la fuerza laboral en Argentina en el período 2016 – 2022 muestre que el nivel de Satisfacción General promedio oscile alrededor del 73% (A24, 2022; RANDSTAD ARGENTINA S.A., 2016, 2017; Randstad N.V., 2018b) con una disminución de 4,5

puntos respecto del nivel de satisfacción en el año 2020 (79,1%) (iProfesional, 2022). Dado que las organizaciones deben alcanzar objetivos en un determinado periodo con siempre escasos y limitados recursos, el concepto de productividad surge como un indicador asociado a la mayoría sino todos los procesos organizacionales. Este trabajo argumenta la necesidad de enfocar en forma diferencial los factores de satisfacción e insatisfacción de la fuerza laboral en Argentina al considerar las distintas generaciones que la componen. De igual forma, argumenta el impacto crítico en la productividad del nivel de insatisfacción laboral de la Generación Z en el periodo 2022 – 2030 y la consecuente necesidad de rediseñar los puestos de trabajo.

INSATISFACCIÓN DE LA GENERACIÓN Z EN ARGENTINA

En particular, uno de los factores de cambio en el contexto son las distintas generaciones o cohortes sociales entendidas como el conjunto de individuos que nacen y viven en el mismo periodo y tienen ideas, problemas y actitudes similares (Pilcher, 1994) por lo que surge una brecha entre las distintas generaciones al adoptar diferentes y a veces opuestas respuestas a iguales situaciones lo que constituye la base de cambio social (Mannheim, 1952; Scott, 2014). Existe una vasta literatura sobre la caracterización de los diferentes perfiles generacionales (Wikipedia, 2016). Este trabajo toma como base el enfoque realizado por Pew Research Center para poder consistir el resultado comparado de diversos estudios sobre el tema. Desde esta perspectiva, las diversas generaciones pueden identificarse como Baby Boomers (1946-1964); Generación X (1965-1980); Generación Y o Millennials también conocida como Nativos Digitales o Generación Net (1981-1996) y la Generación Z (1997-2012) también conocida como Post-Millennials o iGeneration (Dimock, 2019). La tabla 1 resume las principales características de las Generaciones Baby Boomers, X, Y & Z en términos de modo de aprendizaje; redes sociales; cambio tecnológico principal vivido; posición respecto del mundo; factor de influencia en la decisión de compra y modalidad de consumo (Bhargava, Finneman, Schmidt, & Spagnuolo, 2020; Finneman, Ivory, Marchessou, Schmidt, & Skiles, 2017; Francis & Hoefel, 2018, 2020; LeDuc, 2019; Loeb, 2020; Meola, 2022; Parker, Graf, & Igielnik, 2019; Parker & Igielnik, 2020;

Petrock, 2021; Rainie, Anderson, & Page, 2017; Reilly, 2012; sproutsocial, 2022; Vogels, Gelles-Watnick, & Massarat, 2022)
El análisis de la fuerza laboral en Argentina (18 a 70 años), desde el punto de vista de las generaciones que la componen (INDEC, 2013), muestra al año 2022 que el 54% son nativos digitales o hijos de nativos digitales (22% Generación Z y 32% Generación Y). Las proyecciones de crecimiento de la fuerza laboral para el año 2030 muestra que el 71% serán nativos digitales o hijos de nativos digitales (42% Generación Z y 29% Generación Y) (Figura 5). Mientras este aspecto es un factor positivo para consolidar y mejorar el acelerado proceso de digitalización experimentado durante la pandemia de COVID-19 (Angevine, Keomany, Thomsen, & Zemmel, 2021; Blackburn, LaBerge, O'Toole, & Schneider, 2020a, 2020b; Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2022; Fitzpatrick, Gill, Libarikian, Smaje, & Zemmel, 2020; Konersmann, Budrose, Fox, & McBrearty, 2021), el análisis de la importancia de los factores que conforman la Propuesta de Valor al Empleado muestra resultados contradictorios.

Tabla 1

Comparación de procesos de aprendizajes y comportamientos sociales generacionales

BABY BOOMERS / JONES (1946 – 1964)	GENERACIÓN X (1965-1980)	GENERACIÓN Y (1981-1996)	GENERACIÓN Z (1997-2012)
Sigue el libro de texto Aprecia el proceso	Problemas en contexto real	Actividades de aprendizaje visuales y motoras antes que centrada en el instructor y basada en texto Autoevaluación / *feedback* inmediato	Visuales Comunicación por imágenes Multi Multimedia
Liderazgo del instructor	Ir al punto / comunicación inmediata	Wikis, blogs, chat rooms y videos ante que libros	Wikis, blogs, chat rooms, videos y libros electrónicos
Aprendizaje grupal	Aprender haciendo	Trabajo en equipo	Siempre conectados [c] / Aprendizaje en red

Tabla 1 (cont.)

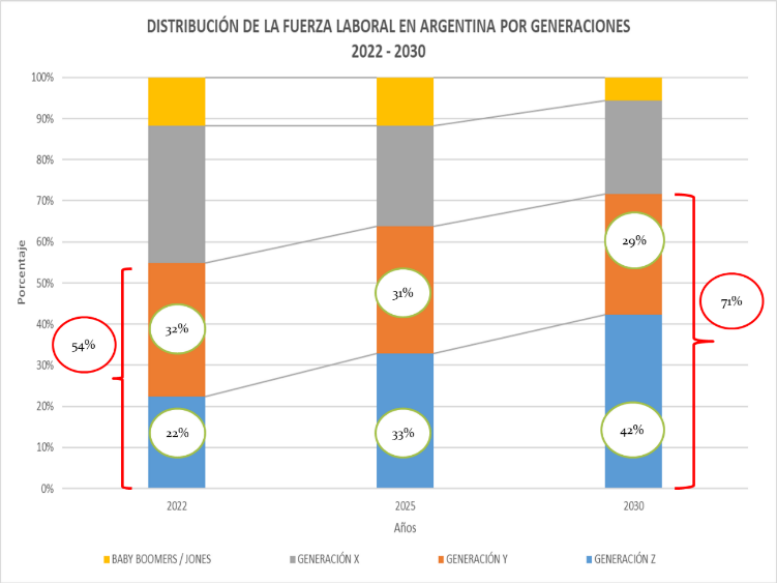
BABY BOOMERS / JONES (1946 – 1964)	GENERACIÓN X (1965-1980)	GENERACIÓN Y (1981-1996)	GENERACIÓN Z (1997-2012)
Conecta conocimiento con nuevas formas de crear valor	No tiene obstáculos para incorporar tecnología	Capacidad para multitareas	Mayor capacidad para multitareas Hipercognitivos [b]
Prefiere aprendizaje táctil	Preferencia por casos de estudio y juegos / simulaciones	Desafío por hallar nuevas soluciones	Tecnología ayuda a objetivos
Poca relación con la tecnología de la información	Inmigrantes digitales	Nativos digitales	Hijos de nativos digitales [b]
Facebook [f]	Facebook Youtube[f]	Facebook Instagram Youtube[h]	Youtube Tik Tok Instagram[g, i]
Expansión de la televisión [e]	Revolución de las computadoras [e]	Expansión de Internet [e]	TIC es parte central de su existencia [e]
Idealista Revolucionario Colectivista [b]	Materialista Espíritu emprendedor [a, b]	Globalista Cuestionador Orientado a sí mismo[b]	Emprendedores Búsqueda de verdad y justicia social [a, b]
Influyen Amigos y Familia (33%); redes (6%), Online reviews (30%) [c]	Influyen Amigos y Familia (28%); redes (13%), Online reviews (32%) [c]	Influyen Amigos y Familia (23%); redes (25%), Online reviews (32%) [c]	Influyen Amigos y Familia (15%); redes (39%), Online reviews (26%)[a, b, c]
Ideología Discos y películas [b]	Estatus Marcas Artículos de Lujo [b]	7 segmentos de consumo [d] Experiencias Festivales y viajes [b]	Eventos / Productos únicos Consumo y Ética [b, c]
(-) ➡ DOMINIO DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN ➡ (+)			
(-) ➡ CAPACIDAD PARA MULTITAREA ➡ (+)			
(-) ➡ USO DE MATERIAL MULTIMEDIA ➡ (+)			
(-) ➡ APRENDIZAJE EN RED ➡ (+)			

Notas. Meola (2022)[a]; Francis & Hoefel (2018)[b]; Bhargava, Finneman, Schmidt, & Spagnuolo (2020)[c]; Finneman, Ivory, Marchessou, Schmidt, & Skiles (2017)[d] ; LeDuc (2019)[e] ; sproutsocial (2022)[f]; Petrock (2021)[g]; Loeb (2020)[h]; Vogels, Gelles-Watnick, & Massarat (2022)[i].

Nota. Adaptado de SCARAFFIA, C., ANZOISE, E. & CURADELLI, S. (2017). El proceso de adaptación al contexto en los equipos de cátedras electivas. El uso de SERVQUAL® como herramienta de decisión. En G. Cuadrado & L. E. Gómez (Eds.), *Ciencias de la Ingeniería en el Siglo XXI. Nuevos enfoques en su lógica, enseñanza y práctica"* (1st ed., Vol. 1, pp. 277-290). Universidad Tecnológica Nacional.

Figura 5

Peso porcentual de la Generación Z y Generación Y en la fuerza laboral en Argentina en 2022-2030



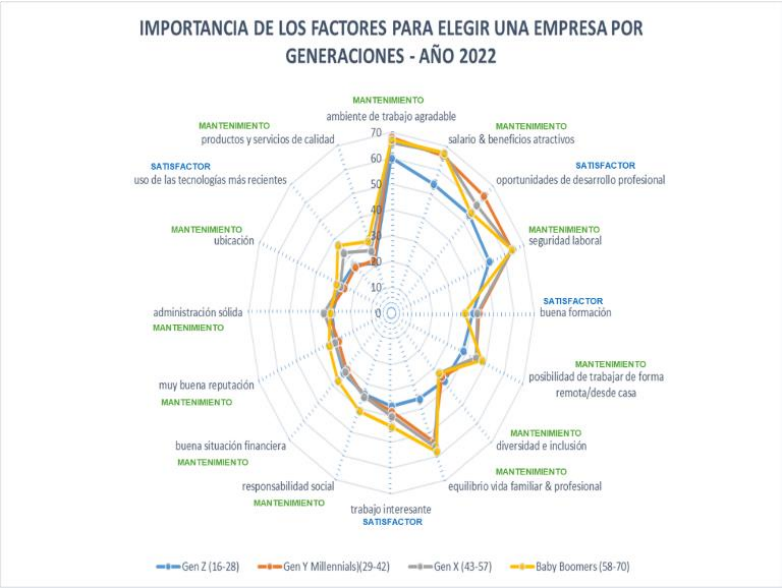
Nota. Elaborado a partir de datos de INDEC. (2013). *Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040. Total del país.* Retrieved from CABA: https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/publicaciones/proyeccionesyestimaciones_nac_2010_2040.pdf

El análisis comparativo de la importancia de los factores que conforman la Propuesta de Valor al Empleado por generaciones muestra niveles de importancia coincidentes para las cuatro generaciones en factores de satisfacción como buena formación y trabajo interesante. De igual forma en los factores de mantenimiento diversidad e inclusión; muy buena reputación; administración sólida; ubicación y productos y servicios de calidad. En particular, la Generación Z muestra una divergencia respecto de las otras tres generaciones en los factores de mantenimiento ambiente de trabajo

agradable; salario y beneficios atractivos; seguridad laboral; posibilidad de trabajr en forma remota y equilibrio de la vida familiar & profesional. Desde la Teoría de los Dos Factores de Herzberg los factores de mantenimiento o del contexto del trabajo ocasionan insatisfacción con el trabajo y por ende el abandono del mismo (Figura 6). Finalmente, la Generación Z coincide con los Baby Boomers con el nivel de importancia del factor de satisfacción oportunidades de desarrollo profesional. Igualmente, coincide con la Generación Y con el nivel de importancia del factor de satisfacción uso de tecnologías más recientes.

Figura 6

Importancia de los factores para elegir una empresa por generaciones en la fuerza laboral argentina año 2022



Nota. Elaborado a partir de datos de Randstad N.V. (2022). *Employer Brand Research 2022. Country report Argentina. Human Forward.* Retrieved from CABA, Argentina: https://www.randstad.com.ar/s3fs-media/ar/public/2022-07/Argentina%202022%20country%20report.pdf

En el período 2018 – 2022 el porcentaje de la fuerza laboral que cambió de empleo se redujo en un 29%, con un valor promedio del 14%, un valor mínimo de 10%, un valor máximo del 19% y una desviación estándar de 3.39. En el mismo periodo, el porcentaje de la fuerza laboral con intención de cambiar de empleo se mantuvo sin cambio, con un valor promedio del 33%, un valor mínimo de 29%, un valor máximo del 36% y una desviación estándar de 2.68 (uno de cada tres empleados). Más allá de la aparente estabilidad del proceso de dejar la organización por parte de la fuerza laboral, el análisis de las cinco principales razones para cambiar de empleo, en el mismo periodo, muestra que el factor "ambiente de trabajo agradable"[8] se incrementó 92%, "equilibrio vida familiar & profesional" en 23% y "seguridad laboral" en 22% (Randstad N.V., 2016, 2017, 2018a, 2018b, 2019, 2020, 2021, 2022). Si se analiza las razones de las personas con intención de cambiar de empleo se halla para el año 2022 lideran los factores "ambiente de trabajo agradable" (69%); "salario y beneficios atractivos"[9] (65%) y seguridad laboral" (62%). Al año 2022, la decisión de cambiar de

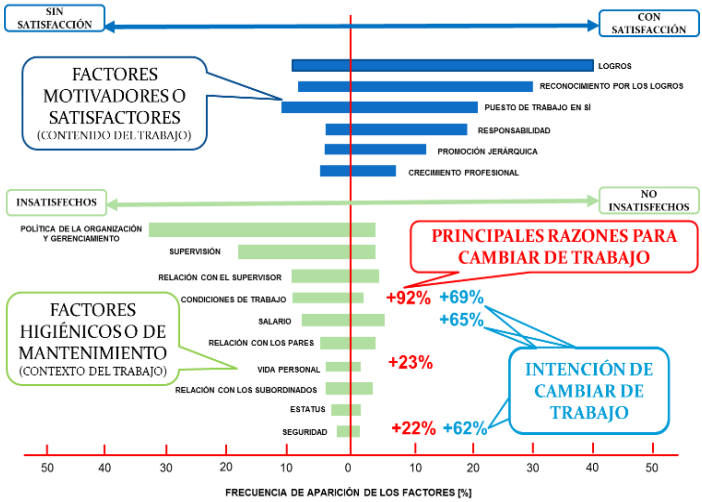
[8] Randstad (2016) amplía su concepto de ambiente de trabajo cuando reporta que "Un ambiente de trabajo agradable es uno de los tres factores que los trabajadores de todo el mundo señalan como más importantes a la hora de decidir incorporarse a una empresa. En España, casi la mitad de los profesionales (el 47%) lo apunta como uno de los cinco elementos que más valoran. Si el ambiente de trabajo es un factor de atracción laboral destacado, también lo es de retención (o, de lo contrario, abandono). En concreto, el 42% de los trabajadores dejaría su trabajo por un mal ambiente de trabajo, en el que hubiera que lidiar con un mal jefe, favoritismos o nepotismo. El 18% de los encuestados asegura que ya ha renunciado en el pasado a un empleo por este motivo. Otro 42% se sentiría obligado a abandonar la empresa si se sintiera acosado por los compañeros de trabajo o los jefes y un 11% ya ha renunciado a un empleo debido a este acoso psicológico." (RANDSTAD ARGENTINA S.A., 2022; RANDSTAD ESPAÑA S.A., 2016)

[9] Andrea Ávila, CEO de Randstad para Argentina y Uruguay, sostuvo que, si bien el salario sigue siendo el punto más referencial a la hora de hablar de los deseos de los empleados, hace tiempo ha dejado de ser el único factor a la hora de pensar en cambiar de trabajo. En el caso de aquellos que optaron por el cambio o estaban en proceso de hacerlo, indicaron que la compensación demasiado baja, la falta de oportunidades de desarrollo profesional y de reconocimiento, son los principales factores que los impulsaron a la búsqueda de un cambio laboral. A propósito de esto, Ávila destacó que "los principales factores que las personas consideran para elegir una empresa para trabajar, en primer término, aparece el salario y los beneficios; es decir, me muevo de una compañía a otra por dinero, pero el salario nunca es lo que me retiene" (ámbito financiero, 2018)

organización es más frecuente en las personas que tienen entre 25 y 34 años (lo que incluye Generación Z y parcialmente Generación Y), ya que el 14% ha cambiado de empleo. Una de cada tres personas (33%) tiene la intención de cambiar de empresa en los primeros 6 meses de 2022, y en su mayoría se trata de personas de menos de 34 años (41%) (lo que incluye Generación Z y parcialmente Generación Y)[10]. Desde la Teoría de los Dos Factores de Herzberg las causas de abandono o de la intención de cambiar de trabajo se identifican con los factores de mantenimiento o del contexto del trabajo cuya existencia ocasiona insatisfacción con el trabajo y por ende el abandono del mismo (Figura 7). Por ello se hace necesario el enfocar en forma diferencial los factores de satisfacción e insatisfacción de la fuerza laboral en Argentina al considerar las distintas generaciones que la componen.

Figura 7

Principales razones para cambiar de trabajo y tener intención de cambiar de trabajo en la fuerza laboral argentina año 2022



[10] Randstad informa en su reporte 2022 que considera como integrantes de la Generación Z el rango etario de 18 a 25 años y para la Generación Y o Millennials el rango etario de 26 a 41 años.

MAS ALLÁ DE LA MOTIVACIÓN. EL IMPACTO DE COMPROMISO CON EL TRABAJO EN LA PRODUCTIVIDAD.

Los modelos occidentales de motivación muestran que aunque la satisfacción suele ser suficiente para retener a los empleados, no es suficiente como factor para incrementar la productividad. Estudios longitudinales muestran que un alto nivel de satisfacción no necesariamente lleva a un mayor nivel de compromiso con el trabajo. Pero sí un mayor nivel de compromiso con el trabajo lleva a una menor rotación de la fuerza laboral, y mayor productividad, satisfacción del cliente, innovación y calidad. Un mayor nivel de compromiso con el trabajo reduce el tiempo de formación, el nivel de ausentismo y la tasa de accidentes laborales. La investigación inicial de William A. Kahn (1990) permitió establecer los conceptos de compromiso personal y la ausencia de compromiso personal en el trabajo. Kahn define el compromiso personal como:

> el empleo y la expresión en forma simultánea del "yo preferido" de una persona en comportamientos laborales que promueven las conexiones con el trabajo y con los demás, la presencia personal (física, cognitiva y emocional) y el desempeño activo y completo de los roles. Mi premisa es que las personas tienen dimensiones de sí mismas que, bajo las condiciones apropiadas, prefieren utilizar y expresar en el desarrollo de sus distintos roles. Emplear tales dimensiones es canalizar las energías personales hacia labores físicas, cognitivas y emocionales. El empleo de dichas dimensiones subyace a lo que los investigadores han denominado esfuerzo (Hackman y Oldham, 1980), compromiso (Lawler y Hall, 1970), flujo (Csìkszentmihàlyi, 1982), atención plena (Langer, 1989) y motivación intrínseca (Deci, 1975). Expresar las dimensiones preferidas es mostrar la verdadera identidad y los pensamientos y sentimientos reales. La expresión de uno mismo subyace a lo que los investigadores denominan creatividad (Perkins, 1981), el uso de la voz personal

> (Hirschman, 1970), la expresión emocional (Rafaeli y Sutton, 1987), la autenticidad (Baxter, 1982), la comunicación no defensiva (Gibb, 1961), el juego (Kahn, 1989) y el comportamiento ético (Toffler, 1986). (Kahn, 1990, p. 700)

De igual forma, Kahn define ausencia de compromiso personal como:

> La desvinculación personal, por el contrario, es la acción simultánea de retirar y defender en forma simultánea el yo preferido de una persona en comportamientos que promueven la falta de conexiones, la ausencia física, cognitiva y emocional, y las actuaciones de rol pasivas e incompletas. Retirar las dimensiones preferidas es remover las energías personales e internas de las labores físicas, cognitivas y emocionales. La no utilización del yo preferido subyace en los comportamientos relacionados con tareas que los investigadores han llamado automáticos o robóticos (Hochschild, 1983), agotados [bourned out] (Maslach, 1982), apáticos o desconectados (Goffman, 1961a), o sin esfuerzo (Hackman & Oldham, 1980). Defender el yo es ocultar la verdadera identidad, los pensamientos y los sentimientos durante el desempeño de los roles. Esta defensa del yo subyace en lo que los investigadores han denominado comportamientos defensivos (Argyris, 1982), impersonales o emocionalmente inexpresivos (Hochschild, 1983; Rafaeli y Sutton, 1987), burocráticos (Shorris, 1981), de autoengaño (Seeman, 1972) y cerrados (Gibb, 1961). (Kahn, 1990, p. 701)

La Teoría de Kahn de la presencia y ausencia de compromiso personal fue ampliada desde la teoría de roles para analizar el compromiso con los roles laborales y familiares (Rothbard, 2001) y

para investigar el impacto de los antecedentes del compromiso personal en el rendimiento laboral (Rich, Lepine, & Crawford, 2010). Actualmente, el compromiso con el trabajo puede definirse como "el grado de involucramiento y el entusiasmo de los empleados con su puesto de trabajo y la organización" (Gallup, 2022b). Otras definiciones definen el compromiso con el trabajo como "la fuerza de la conexión mental y emocional que los empleados sienten hacia sus lugares de trabajo" (Quantum Workplace, 2022); "la intensidad de la relación del empleado con un empleador, marcada por tres elementos: (i) un esfuerzo comprometido para alcanzar los objetivos [engaged], (ii) en un entorno que permite trabajar [enabled], y (iii) que dinamiza el rendimiento [energized]"(Paul & Young, 2021); y "el nivel de inversión psicológica de un empleado en su organización". El compromiso con el trabajo no solo requiere como base el nivel de satisfacción de los empleados, desde la Teoría de los Dos Factores de Herzberg (Ward, 2021), sino la presencia de factores de compromiso que incluye el significado [meaning][11], la autonomía [autonomy][12], el crecimiento [growth][13], el impacto [impact][14] y la conexión [connection][15] (Maylett, 2022; Rogel, 2022).

Gallup clasifica el nivel de compromiso de la fuerza laboral en tres categorías: 1) Comprometido que comprende aquellos empleados altamente involucrados y entusiastas respecto de su trabajo y ambiente de trabajo; impulsan altos niveles de rendimiento e innovación y sostienen el progreso organizacional; 2) No

---

[11] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso significado como "Tu trabajo tiene un propósito más allá del propio trabajo" (Rogel, 2022).

[12] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso autonomía como "El poder de moldear su trabajo y su entorno de manera que le permita rendir al máximo" (Rogel, 2022)

[13] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso crecimiento como "Ser exigido y desafiado de manera que se produzca un crecimiento personal y profesional" (Rogel, 2022)

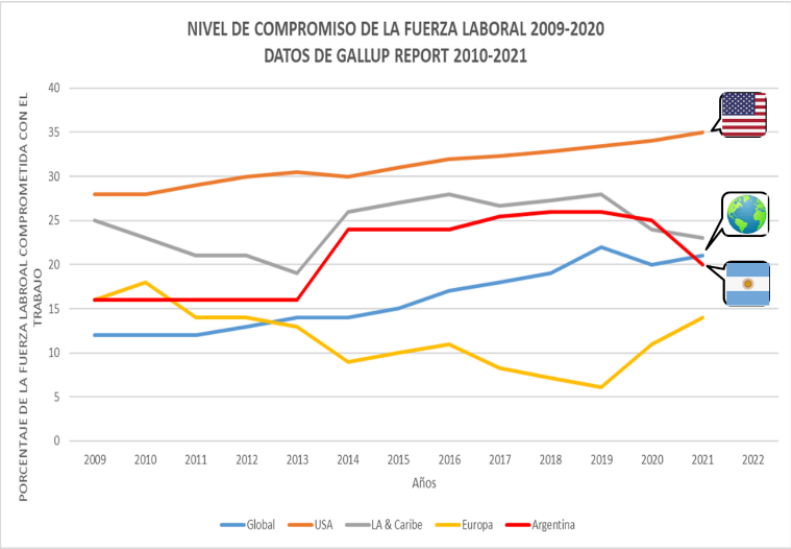
[14] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso impacto como "Ver los resultados positivos, efectivos y valiosos de su trabajo" (Rogel, 2022)

[15] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso conexión como "El sentido de pertenencia a algo más allá de uno mismo" (Rogel, 2022)

Comprometidos que comprende aquellos empleados que estan psicológicamente desconectados de su trabajo y de la organización por lo que aunque cumplen su jornada laboral no colocan su pasión o energía en el trabajo; y 3) Activamente No Comprometidos que comprende aquellos que no solamente no son felices en el trabajo sino que resienten que sus necesidades no sean satisfechas y actúan desde su perspectiva de ausencia de felicidad por lo que cada día potencialmente socavan lo que sus colegas comprometidos logran (Gallup, 2022b). Estudios longitudinales realizados por Gallup muestran que al año 2022 solamente el 21% de la fuerza laboral a nivel global se halla comprometida con el trabajo. El estudio muestra diferencias geográficas destacables: EEUU 35% ; Latinoamérica & Caribe 23% y Europa 14% (Gallup, 2010, 2017, 2021, 2022a). Argentina muestra una tendencia creciente, en el nivel de compromiso de la fuerza laboral, del 16% al 20% en el periodo 2009-2022 con una caida del 25% respecto del valor alcanzado en 2018-2019 (26%) (Figura 8).

Figura 8

Nivel de compromiso de la fuerza laboral 2009 - 2020



El meta análisis realizado por Gallup (2020)[16] mostró que las unidades de negocio ubicadas en el cuartil superior en cuanto al nivel de compromiso de los empleados superaron a las unidades ubicadas en el cuartil inferior en un 10% en las calificaciones de los clientes; un 23% en la rentabilidad y un 14% en la productividad. Las unidades de negocios ubicadas en el cuartil superior también registraron una rotación de personal significativamente menor (18% en las organizaciones con alta rotación, 43% en las organizaciones con baja rotación); menor reducción de personal (28%) y absentismo (81%) y menos incidentes de seguridad (64%), incidentes de seguridad del paciente (58%) y defectos de calidad (41%) (Harter et al., 2020). Como referencia numérica de dicho impacto, puede citarse que el impacto de la fuerza laboral no comprometida cuesta en EEUU entre 450 y 500 mil millones de dólares a las organizaciones en términos de menor productividad. Los meta-análisis realizados en 2012[17] y 2016[18] muestran también datos consistentes con los del 2020 (Harter, Schmidt, Agrawal, & Plowman, 2013; Harter, Schmidt, Agrawal, Plowman, & Blue, 2016; Sorenson, 2013) (Figura 9). En consecuencia, este trabajo argumenta el impacto crítico en la productividad del nivel de insatisfacción laboral de la Generación Z en el periodo 2022 – 2030 como principal componente de la fuerza laboral en Argentina y la

[16] In 2020, Gallup conducted its tenth meta-analysis on the Q12 using 456 research studies, and exploring the relationship between employee engagement and performance across 276 organizations and 112,312 business/work units that include 2,708,538 employees (Harter et al., 2020).

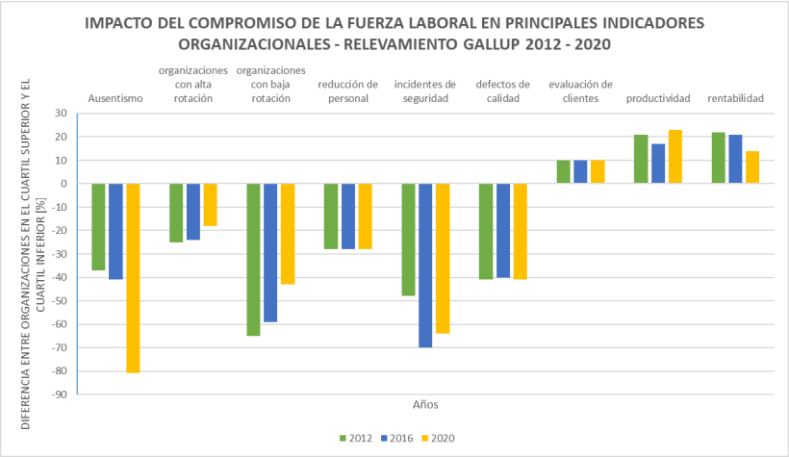
[17] In 2012, Gallup conducted its eighth meta-analysis on the Q12 using 263 research studies across 192 organizations in 49 industries and 34 countries. Within each study, Gallup researchers statistically calculated the work-unit-level relationship between employee engagement and performance outcomes that the organization supplied. Researchers studied 49,928 work units, including nearly 1.4 million employees. This eighth iteration of the meta-analysis further confirmed the well-established connection between employee engagement and nine performance outcomes: customer ratings; profitability; productivity; turnover (for high-turnover and low-turnover organizations); safety incidents; shrinkage (theft); absenteeism; patient safety incidents and quality (defects) (Sorenson, 2013)

[18] In 2016, Gallup conducted its meta-analysis on the Q12 using 263 research studies, and exploring the relationship
between employee engagement and performance across 192organizations and 49,928 business/work units including
1,390,941 employees

consecuente necesidad de rediseñar los mecanismos de motivación a nivel organizacional.

Figura 9

Impacto a nivel global del compromiso de la fuerza laboral con principales indicadores organizacionales



PRODUCTIVIDAD, MOTIVACIÓN Y COMPROMISO DE LA FUERZA LABORAL DESDE LA PERSPECTIVA DE KONDO

El Profesor Yoshio Kondo, en su libro "*Human Motivation, A Key Factor for Management*" propone un modelo de motivación que muestra la correlación positiva entre la Satisfacción en el Trabajo y el incremento de la Productividad a través de la reducción de los costos de la no calidad. Desde su punto de vista, la satisfacción en el trabajo de los recursos humanos es condición indispensable para garantizar el mejoramiento de la calidad, la reducción de sus costos y por ende una mayor productividad (Kondo et al., 1991). En línea con el pensamiento de James O'Toole, muestra también su desacuerdo con el enfoque predominante de relacionar estrechamente el trabajo con únicamente la compensación monetaria y soporta la definición del trabajo como "una actividad

que produce algo de valor para otras personas" (O'Toole et al., 1972, p. 2). Por lo que parte de la calidad de vida es la calidad del trabajo y la nueva necesidad por satisfacción en el trabajo es el factor clave de la calidad del trabajo. Kondo (1991) refuerza estas ideas desde la perspectiva del Dr. Eizaburo Nishibori, uno de los pioneros en las técnicas estadísticas de Control de la Calidad de la industria japonesa. Kondo cita en su libro los elementos constitutivos del trabajo desde el enfoque de Nishibori: 1) la creatividad, 2) las actividades físicas y 3) la sociabilidad. Desde la extensa experiencia en campo de Kondo estas propuestas contienen la verdadera naturaleza del trabajo humano (Kondo et al., 1991). Yoshio Kondo (1991) afirma que las teorías sobre la motivación parten de los deseos humanos. Por tanto, comienza su análisis refiriéndose a la teoría de la motivación de Abraham Maslow, en la que propone una jerarquía de necesidades humanas divididas en cinco niveles (necesidades fisiológicas, necesidades de seguridad, necesidades de amor y pertenencia, y necesidades de autorrealización) en combinación con la teoría de Frederic Herzberg, en la que afirma que la motivación está gobernada por dos factores: la satisfacción y la insatisfacción. Desde la perspectiva de las Teorías Motivacionales de Contenido, Kondo sostiene inicialmente que las necesidades de más bajo nivel de la teoría de Maslow equivaldrían a remover las insatisfacciones como el hambre o el frío; y las necesidades de más alto nivel requerirían el abastecimiento de las satisfacciones. Entonces, las cinco necesidades están siempre presentes pero son las satisfacciones las que estimulan el deseo por trabajar (Donelan, 1997).

Kondo va más allá de los límites de las Teorías Motivacionales de Contenido y muestra resultados empíricos que avalan las propuestas de las Teorías de la Motivación como un Proceso, en particular la teoría del establecimiento de metas [goal-setting] formulada por Edwin A. Locke & Gary Latham. Kondo afirma que las actividades relacionadas con el ocio y el trabajo contienen los principales elementos de la humanidad, lo cuales sirven como motivadores. Estos elementos están íntimamente vinculados con los tres del trabajo (relacionados a su vez con las satisfacciones): creatividad, sociabilidad y actividad. De allí, que el secreto de la motivación reside en crear humanidad dentro de las actividades laborales. Yoshio Kondo afirma que la creatividad y la sociabilidad

son los principales elementos constitutivos de la humanidad. Por lo tanto, la motivación en el trabajo está relacionada con la creatividad. Es decir, cuanto mayor libertad se les dé a los trabajadores en lo que respecta a los medios y métodos que puedan utilizar en sus actividades laborales con el fin de lograr los objetivos de la organización (lo que actualmente se define como factor de compromiso de la autonomía [autonomy] [19]), mayor es el sentido de responsabilidad (lo que actualmente se define como factor de compromiso del crecimiento [growth][20]) y mayor el grado de creatividad. Por cuanto, la responsabilidad es otro aspecto que el autor toma como elemento fundamental para la motivación, Kondo establece las siguientes condiciones para obtener un alto grado de ella: 1) los objetivos del trabajo deben ser claros; y 2) debe haber un grado de acuerdo tal que permita la mayor libertad posible en los recursos y métodos para alcanzar los objetivos, aunque siempre se deben respetar las restricciones que resguarden la seguridad de los empleados y la calidad de los producto, entre otras. Kondo afirma que, si los empleados son forzados a obedecer los métodos y recursos, hace más fácil evadir responsabilidades ya que pueden atribuir las fallas producidas a los métodos estipulados. Por ello, para mantener una mejora sostenida (lo que da sentido al trabajo y define el factor de compromiso significado [meaning][21]), no hay otro camino que practicar y ejercitar el ingenio para descubrir los métodos que son más apropiados. Siguiendo con esta perspectiva, las organizaciones deben dejar en claro a los trabajadores principiantes que los medios y métodos son una importante información para ser utilizada como referencia, pero se deben construir sobre estas bases acciones adaptadas, lo que ayudará a mejorar sus habilidades. Ello creará mayor sentido de

---

[19] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso autonomía como “El poder de moldear su trabajo y su entorno de manera que le permita rendir al máximo” (Rogel, 2022)

[20] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso crecimiento como “Ser exigido y desafiado de manera que se produzca un crecimiento personal y profesional” (Rogel, 2022)

[21] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso significado como “Tu trabajo tiene un propósito más allá del propio trabajo” (Rogel, 2022).

responsabilidad y originalidad. De esta manera, las acciones básicas mejoradas pueden ser incluidas en los estándares de trabajo para los empleados experimentados, así mismo deben ser revisadas periódicamente a fin de incrementar su efectividad.

Yoshio Kondo (1991) explica que existen múltiples caminos para mejorar la calidad de los productos y diversas maneras de reducir costos en los defectos de producción. Todos estos caminos conducen hacia logros radicalmente diferentes a una optimización basada en la preservación del status quo. Pone énfasis en que la calidad es aún más importante que reducir costos o incrementar la productividad; pero los costos de la calidad se incrementan cuando la tasa de defecto es baja (se debe mencionar que todo proceso de producción tiene costos en la reducción de los defectos), para resolver este dilema se debe recurrir a la creatividad. Si se toma en consideración esta premisa, se puede ejercitar la creatividad con el objeto de encontrar nuevos métodos en el mejoramiento de la calidad. En consecuencia, si se mejoran los métodos de producción se incrementa el nivel de la calidad, resultando en costos más bajos y una más alta productividad (lo que permite ver el resultado positivo, efectivo y valioso del trabajo y define el factor de compromiso impacto [impact][22]). El autor, entonces, propone cuatro puntos de acción para hacer que el trabajo sea más creativo, y, por tanto, motivador al incrementar la satisfacción de los recursos humanos involucrados: 1) al informar sobre las instrucciones de trabajo, aclarar los verdaderos objetivos a alcanzar considerando que las restricciones relativas a la seguridad y garantía de la calidad son obligatorias pero la información relacionada a los métodos y recursos se debe proveer sólo como referencia; 2) acompañar a las personas para que tengan un fuerte sentido de responsabilidad hacia su trabajo de modo de evitar excusas, quejas o el traslado de responsabilidades hacia otras personas; 3) dar tiempo para la creación de ideas originales que surgen cuando los empleados sienten un fuerte sentido de responsabilidad y la oportunidad de reflexionar sobre los problemas más profundamente; y 4) alimentar la creación de ideas y llevarlas a buen término lo que conduce al

[22] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso impacto como “Ver los resultados positivos, efectivos y valiosos de su trabajo” (Rogel, 2022)

desarrollo de un verdadero sentido de autoconfianza lo cual es una experiencia extremadamente valiosa desde el punto de vista de la motivación. Desde este enfoque, Kondo coincide con el modelo de Edwin A. Locke & Gary Latham de la teoría del establecimiento de metas [goal-setting] cuando hace énfasis en la importancia del compromiso y la responsabilidad como variable relacionada con un alto rendimiento. Locke & Latham consideran el compromiso como variable moderadora con una relación positiva con la satisfacción y con el rendimiento alcanzado. El énfasis en la importancia de la autoconfianza como variable relacionada con un alto rendimiento sigue el modelo de Locke & Latham que consideran la autoconfianza como variable mediadora con una relación positiva con la satisfacción y con el rendimiento alcanzado.

Otro elemento importante que toma el profesor Kondo (1991) es el ciclo de "Plan (planear)-Do (hacer)-Check (verificar)-Act (actuar) denominado ciclo PHVA [PDCA cycle], propuesto inicialmente por William Edwards Deming (Deming, 2000) a partir del trabajo inicial de Walter A. Shewhart (Shewhart, 1939) y luego adaptado a la cultura japonesa por Shigeru Mizuno en su publicación *Companywide Quality Control* (Mizuno, 1992). Kondo considera la alternancia entre la lógica y las emociones en un flujo continuo siguiendo el ciclo PDCA como el proceso natural para alcanzar los objetivos planteados. Las actividades que exhiben las características del control de la calidad yacen en la fase del "Check (verificar)" y el "Act (actuar)". Dichas fases consisten en detectar irregularidades en el resultado del trabajo, investigando e identificando sus causas para luego tomar acciones correctivas. Kondo vincula este sistema a un método útil, tanto para la motivación como para el control de la calidad. Para estos fines Kondo (1991) enfatiza el rol del líder, el que debe establecer sistemas que permitan la rotación del ciclo PDCA entre los miembros de un equipo y entre los que integran diferentes departamentos dentro de la organización. La cooperación entre equipos de trabajo interdisciplinarios incita a la creatividad, de allí que la información de realimentación que se produzca entre ellos servirá para mejorar los proyectos y la calidad de los productos (lo que actualmente se define como factor de compromiso de la

conexión [connection][23]). Ello facilita las fases del Check (verificar) y el Act (actuar) lo que conlleva a ampliar las actividades de trabajo de las personas, incrementar sus capacidades, resaltar la importancia de sus tareas, y por ello proporcionar un fuerte sentido de responsabilidad. Finalmente, el líder debe ser capaz de convencer a sus subordinados de aceptar el propósito común del grupo a fin de alcanzar los objetivos, debe mostrar tenacidad y paciencia, y guiar y animar a sus seguidores. La Figura 10 muestra la relación entre la motivación (establecida como el compromiso con la organización y el deseo de encarar futuros desafíos), los factores de compromiso de la fuerza laboral, el establecimiento de objetivos claros, los costos de la no calidad, la productividad y el nivel de satisfacción de los recursos humanos en la perspectiva de Kondo.

La perspectiva de Kondo de la alternancia entre las emociones y el plano de la lógica es avalada por diferentes investigaciones donde se plantea la relación entre los afectos y la satisfacción en el trabajo. Diversas fuentes de investigación muestran que los individuos que experimentan estados afectivos positivos están más dispuestos a ayudar a los demás, son más creativos, mejores negociadores, y tienen mayor persistencia para desarrollar tareas inciertas (George & Brief, 1992; Isen & Baron, 1991). Existe además evidencia empírica que permite considerar los estados afectivos positivos como predictores de la realización de resultados esperados en el trabajo (George & Bettenhausen, 1990) o mejor rendimiento ya que el estado afectivo positivo puede mejorar la expectativa de que el esfuerzo lleva a un mejor rendimiento (Forgas, Bower, & Moylan, 1990; George & Brief, 1996; George, Brief, Webster, & Burke, 1989; T. A. Wright & Staw, 1999; W. F. Wright & Bower, 1992).

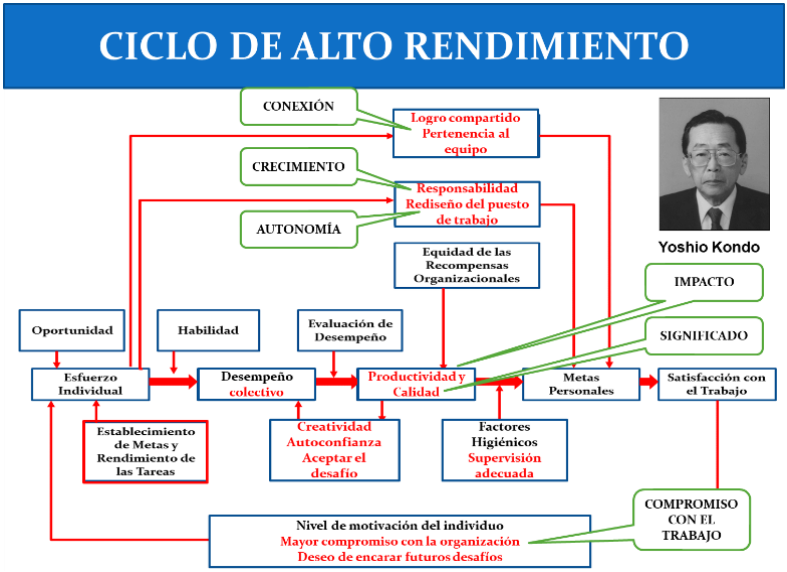
Esta perspectiva coincide con la de la teoría del establecimiento de metas cuando postula que las tendencias optimistas permiten a los individuos definir y/o aceptar objetivos desafiantes lo que lleva a obtener un rendimiento superior y a la persistencia para alcanzar dicho objetivo (George & Brief, 1996) a pesar de las condiciones adversas (Burke, Brief, & George, 1993; Forgas, 1992). Por lo tanto, siguiendo con los beneficios que tiene una real participación entre

[23] La firma consultora en recursos humanos Decisionwise, LLC define el factor de compromiso conexión como “El sentido de pertenencia a algo más allá de uno mismo” (Rogel, 2022)

los equipos de trabajo y el papel del líder, Yoshio Kondo explica que, si se fomenta el sentido de responsabilidad (crecimiento [growth]) y la rotación del ciclo PDCA (significado [meaning]), la comunicación entre los grupos aumenta, así como la cooperación, por lo que las capacidades, iniciativa e independencia de los miembros son ampliadas y ejercitadas (impacto [impact]). Como consecuencia, los objetivos indefinidos se transforman en objetivos comunes, los caminos para lograr dichos objetivos se incrementan y mejoran (autonomía [autonomy]); y la estructura del grupo se convierte en un arreglo multilateral entre el líder y los seguidores (conexión [connection]), debido a que las capacidades del líder son complementadas por las de los miembros del equipo (Kondo et al., 1991).

Figura 10

Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo y Factores de Compromiso



CONCLUSIONES Y PRINCIPALES Y RECOMENDACIONES

Como primera conclusión del meta análisis realizado, se halla que desde el 2016 persiste la brecha entre los factores satisfactores y de mantenimiento identificados por la Generación Z (ambiente de trabajo agradable, salario y beneficios atractivos, oportunidades de desarrollo profesional y seguridad laboral) y aquellos priorizados por las organizaciones (buena situación financiera, muy buena reputación, uso de las tecnologías más recientes y seguridad laboral). Esta brecha sería uno de los principales causales de la caida del nivel de satisfacción de la fuerza laboral que oscila alrededor del 75% (2019-2021) así como del 35% de la fuerza laboral que planea cambiar de empleo cada año.

Como segunda conclusión, se halla una alta rotación en la Generación Z ya que un 14% ha cambiado de empleo y un 41% tiene intención de cambiar de empleo. El Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo muestra el impacto positivo de los objetivos claros y desafiantes y la responsabilidad de alcanzarlos como crecimiento; de la mejora de la productividad como impacto; de la mejora y foco en la calidad como significado; la creatividad para el rediseño del puesto de trabajo y los procesos relacionados como autonomía; y el logro compratido y la pertenencia al equipo de trabajo como conexión. Dichos factores junto con el incremento en el nivel de satisfacción del individuo permiten el incremento del compromiso de la fuerza laboral y el consecuente incremento de la productividad, la reducción de los costos de la calidad y el nivel de satisfacción con el trabajo. Esto permitiría reducir el nivel de rotación del personal, reducir el número de productos no conformes a especificaciones y por ende un aumento en la productividad de la organización.

Como tercera conclusión, los estudios longitudinales muestran que no solo la importancia del trabajo en Argentina (33% muy importante/importante) es menor que en Latinoamérica (55%) y mucho menor que en la cultura japonesa (85%), sino que el nivel de compromiso con el trabajo en Argentina (20%) es menor que en Latianoamérica (23%) y mucho menor que en Estados Unidos (35%). Esto debería convertirse en un punto de aprendizaje para las organizaciones para identificar los factores motivacionales que realmente impactan en los costos de la calidad y por ende en la productividad. Desde la perspectiva de Kondo, la mejora en la productividad y la reducción de los costos de la calidad son factores

que conducen a un mayor nivel de satisfacción y por ende a un mayor nivel de compromiso con el trabajo lo que redunda en la mejora de los restantes indicadores organizacionales. A la fecha hay una ausencia de estudios sobre la capacidad del Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo de impactar en forma positiva en el nivel de productividad en el contexto latino americano. Este estudio contribuye a llenar dicho vacío en la literatura existente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realiza en el marco del Proyecto de Investigación TOUTNME0007636 – *Identificación del modelo de costos de la calidad en el sector vitivinícola. El caso de bodegas cooperativas y privadas en la Provincia de Mendoza* financiado por la Universidad Tecnológica Nacional.

REFERENCIAS

A24. (2022). Empleo: baja la satisfacción laboral de los argentinos y casi 70% busca un cambio [Press release]. Retrieved from https://www.a24.com/economia/empleo-baja-la-satisfaccion-laboral-los-argentinos-y-casi-70-busca-un-cambio-n991133

ámbito financiero. (2018, 09 Mayo 2018). Un buen salario y un ambiente agradable, lo que más esperan los argentinos en sus trabajos. *ámbito financiero*. Retrieved from https://www.ambito.com/ambito-biz/un-buen-salario-y-un-ambiente-agradable-lo-que-mas-esperan-los-argentinos-sus-trabajos-n4020766

Angevine, C., Keomany, J., Thomsen, J., & Zemmel, R. (2021). Implementing a digital transformation at industrial companies. *Advanced Industries Practice*, 8. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/implementing%20a%20digital%20transformation%20at%20industrial%20companies/implementing-a-digital-transformation-at-industrial-companies.pdf

Bhargava, S., Finneman, B., Schmidt, J., & Spagnuolo, E. (2020). ‘TrThe young and the restless: Generation Z in America *McKinsey Insights* (pp. 3). New York: McKinsey & Company.

Blackburn, S., LaBerge, L., O’Toole, C., & Schneider, J. (2020a). Digital strategy in a time of crisis. In R. Narisetti (Ed.), *The Next Normal. The recovery will be digital. Digitizing at speed and scale* (pp. 11 - 19): McKinsey Global Publishing.

Blackburn, S., LaBerge, L., O’Toole, C., & Schneider, J. (2020b). Digital strategy in a time of crisis. *Business Functions*, 10. https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Digital%20strategy%20in%20a%20time%20of%20crisis/Digital-strategy-in-a-time-of-crisis-final.pdf

Burke, M. J., Brief, A. P., & George, J. M. (1993). The role of negative affectivity in understanding relations between self-reports of stressors and strains: A comment on the applied psychology literature. *Journal of Applied Psychology, 78*, 402-412.

Deloitte Touche Tohmatsu Limited. (2022). The digital enterprise at scale: A CEO imperative for 2022 (D. s. G. L. S. H. C. I. Group, Trans.) (pp. 17). New York, NY: Deloitte Touche Tohmatsu Limited.

Deming, W. E. (2000). *The New Economics for Industry, Government, Education* (2nd ed.). Cambridge, Massachussetts: Massachussetts Institute of Technology.

Dieppe, A., Francis, N., & Kindberg-Hanlon, G. (2021). Productivity: Technology, Demand, and Employment Trade-Offs. In A. Dieppe (Ed.), *Global Productivity: Trends, Drivers, and Policies* (1st ed., Vol. 1, pp. 361-402). Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.

Dimock, M. (2019, 2019). Defining generations: Where Millennials end and Generation Z begins. *FACTANK.* Retrieved 03/04/2019, 2019, from https://www.pewresearch.org/fact-tank/2019/01/17/where-millennials-end-and-generation-z-begins/

Donelan, S. E. (1997). *Goal setting and job satisfaction: The perceived impact of a performance management program on goal setting and job satisfaction of non-faculty, non-union employees of a private university.* (Ph.D.), Boston College, Boston.

Finneman, B., Ivory, J., Marchessou, S., Schmidt, J., & Skiles, T. (2017). Cracking the code on millennial consumers *McKinsey Insights* (pp. 6). New York: McKinsey & Company.

Fitzpatrick, M., Gill, I., Libarikian, A., Smaje, K., & Zemmel, R. (2020). The digital-led recovery from COVID-19: Five questions for CEOs. In R. Narisetti (Ed.), *The Next Normal. The recovery will be digital. Digitizing at speed and scale* (pp. 140 - 147): McKinsey Global Publishing.

Forgas, J. P. (1992). Affect in social judgments and decisions: A multiprocess mode. In M. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology*. New York: Academic Press.

Forgas, J. P., Bower, G. H., & Moylan, S. J. (1990). Praise or blame? Affective influences on attributions for achievement. *Journal of Personality and Social Psychology, 59*, 809-819.

Francis, T., & Hoefel, F. (2018). 'True Gen': Generation Z and its implications for companies *McKinsey Insights* (pp. 10). New York: McKinsey & Company.

Francis, T., & Hoefel, F. (2020). Gen Z and the Latin American consumer today *McKinsey Insights* (pp. 7). New York: McKinsey & Company.

Gallup, I. (2010). The State of the Global Workplace 2010 Report. A worldwide study of employee engagement and wellbeing (pp. 36). New York, NY: Gallup, Inc.

Gallup, I. (2017). State of the Global Workplace 2017 Report (pp. 219). New York, NY: Gallup, Inc.

Gallup, I. (2021). State of the Global Workplace 2021 Report. Discover how employees around the world experienced life and work in 2020. (pp. 191). Washington, D.C.: Gallup, Inc.

Gallup, I. (2022a). State of the Global Workplace 2022 Report. The Voice of The World's Employees. (pp. 170). Washington, D.C.: Gallup, Inc.
Gallup, I. (2022b, 2022). What Is Employee Engagement and How Do You Improve It? Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://www.gallup.com/workplace/285674/improve-employee-engagement-workplace.aspx
George, J. M., & Bettenhausen, K. (1990). Understanding prosocial behavior, sales performance, and turnover: A group level analysis in a service context. *Journal of Applied Psychology, 75*, 698-709.
George, J. M., & Brief, A. P. (1992). Feeling good-doing good: A conceptual analysis of the mood at work-organizational spontaneity relationship. *Psychological Bulletin, 112*(2), 310-329.
George, J. M., & Brief, A. P. (1996). Motivational agendas in the workplace: The effects of feelings on focus of attention and work motivation. In B. M. Staw & L. L. Cummings (Eds.), *Research in Organizational Behavior* (Vol. 18, pp. 75-109). Greenwich, CT: JAI Press.
George, J. M., Brief, A. P., Webster, J., & Burke, M. J. (1989). Incentive Compensation as an Injurious Condition of Work: A Study of Labelling. *Journal of Organizational Behavior, 10*(2), 155-167.
Harter, J. K., Schmidt, F. L., Agrawal, S., Blue, A., Plowman, S. K., Josh, P., & Asplund, J. (2020). The Relationship Between Engagement at Work and Organizational Outcomes. 2020 Q12® Meta-Analysis: 10th Edition (pp. 44). New York, NY: Gallup, Inc.
Harter, J. K., Schmidt, F. L., Agrawal, S., & Plowman, S. K. (2013). The Relationship Between Engagement at Work and Organizational Outcomes. 2012 Q12® META-ANALYSIS (pp. 32). New York, NY: Gallup, Inc.
Harter, J. K., Schmidt, F. L., Agrawal, S., Plowman, S. K., & Blue, A. (2016). The Relationship Between Engagement at Work and Organizational Outcomes. 2016 Q12® Meta-Analysis: Ninth Edition (pp. 40). New York, NY: Gallup, Inc.
Harvard Business School. (2022, n.d.). The Human Relations Movement: Harvard Business School and the Hawthorne Experiments (1924-1933). *Baker Library - Historical Collections.* Retrieved 12/09/2022, 2022, from https://www.library.hbs.edu/hc/hawthorne/intro.html#i
Herzberg, F. (1968). One more time: How do you motivate employees? . *Harvard Business Review, 46*(1), p53-62, 10p.
Herzberg, F., Mausner, B., & Snyderman, B. B. (2017). *The Motivation to Work*. London: Routledge Taylor & Francis Group.
INDEC. (2013). Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040. Total del país. (P. d. A. D. P.-D. N. d. E. S. y. d. Población, Trans.). In A. M. Edwin (Ed.), *Análisis Demográfico* (1ra ed., pp. 36). CABA: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).
International Labour Organization (ILO). (2022, 01/07/2022). Output per worker (GDP constant 2017 international $ at PPP) -- ILO modelled estimates, Nov. 2021 | Annual. *Statistics on labour productivity.* Retrieved 11/09/2022, 2022, from https://ilostat.ilo.org/topics/labour-productivity/
iProfesional. (2022). ¿Estás conforme con tu trabajo?: según encuesta, cada vez más argentinos están insatisfechos con su situación [Press release].

Retrieved from https://www.iprofesional.com/economia/355568-estas-conforme-con-tu-trabajo-esto-dicen-hoy-los-argentinos
Isen, A. M., & Baron, R. A. (1991). Positive affect as a factor in organizational behavior. In B. M. Staw & L. L. Cummings (Eds.), *Research in Organizational Behavior* (Vol. 13, pp. 1-54). Greenwich, CT: JAI Press.
Kahn, W. A. (1990). Psychological Conditions of Personal Engagement and Disengagement at Work. *The Academy of Management Journal, 33*(4), 692-724. doi: http://www.jstor.org/stable/256287
Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., . . . Munechika, M. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management* (J. H. Loftus, Trans. 1st ed.). Tokyo, Japan: 3A Corporation.
Konersmann, T., Budrose, W., Fox, J., & McBrearty, P. (2021). Enterprise digital transformation as a competitive necessity. The leadership imperative for life sciences (D. s. G. L. S. H. C. I. Group, Trans.) (pp. 20). New York, NY: Deloitte Touche Tohmatsu Limited.
Koontz, H., & Weihrich, H. (1998). *Administración. Una perspectiva global* (E. M. González, Trans. 11va ed.). Mexico, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2012). *Administración. Una perspectiva global y empresarial* (M. J. H. D. y. M. O. Staines, Trans. 14va ed.). Mexico, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
Krugman, P. (1997). *The Age of Diminished Expectations. U.S. Economic Policy in the 1990s* (3rd Edition ed. Vol. 1). Cambridge, Massachusetts The MIT Press.
Latham, G. P. (2007). *Work motivation : history, theory, research, and practice*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
LeDuc, D. (2019, May 20, 2019). Who is Generation Z. Meet the post-Millennial—and most diverse—generation. *Trust Magazine, 1*.
Lindner, J. R. (1998). Understanding Employee Motivation *Journal of Extension, 36*(3).
Locke, E. A., Latham, G. P., & Smith, K. J. (1990). *A theory of goal setting & task performance*. New York: Prentice Hall.
Loeb, W. (2020, Jan 21, 2020). Social Media Plays A Big Role In How Millennials Shop, But So Do Stores. *RETAIL.* Retrieved 11/10/2022, 2022, from https://www.forbes.com/sites/walterloeb/2020/01/21/why-millennials-shop-on-social-media-but-also-like-to-shop-in-stores/?sh=129a9285350c
Luthans, F. (2011). *Organizational Behavior. An Evidence-Based Approach* (12th ed.). New York: McGraw-Hill/Irwin.
Mannheim, K. (1952). The Problem of Generations. In P. Kecskemeti (Ed.), *Essays on the Sociology of Knowledge* (pp. 276-320). New York: Oxford University Press. (Reprinted from: First published as “Das Problem der Generationen” (1927/1928)).
Maslow, A. H. (1989). A Theory of Human Motivation. In L. R. P. Harold J. Leavitt, David M. Boje (Ed.), *Readings in managerial psychology* (4 ed.). Chicago: University of Chicago Press.
Maylett, T. (2022, September 16, 2022). ENGAGEMENT MAGIC®: The 5 Keys of Employee Engagement. *DecisionWise Digest* Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://decision-wise.com/resources/articles/5-keys-of-employee-engagement-magic/

Meola, A. (2022, January 05, 2022). Generation Z News: Latest characteristics, research, and facts. *eMarketer Daily.* Retrieved 11/10/2022, 2022, from https://www.insiderintelligence.com/insights/generation-z-facts/

Miner, J. B. (2005). *Organizational Behavior 1: Essential Theories of Motivation and Leadership*. Armonk: M.E. Sharpe.

Mizuno, S. (1992). *Company-Wide Total Quality Control* (J. F.-R. Centre, Trans.). Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization.

O'Toole, J., Hansot, E., Herman, W., Herrick, N., Liebow, E., Lusignan, B., . . . Wright, J. (1972). Work in America. Report of a Special Task Force to the Secretary of Health, Education, and Welfare. (S. T. F. o. W. i. America, Trans.) (pp. 228). Washington, D.C.: Department of Health, Education, and Welfare.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003a). OECD Economic Outlook (Vol. 1, pp. 263). Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003b). OECD Economic Outlook (Vol. 2, pp. 256). Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). OECD Regions at a Glance 2009 (pp. 198). Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2016). OECD Regional Outlook 2016. Productive Regions for Inclusive Societies (pp. 304). Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2017). Measuring Productivity. Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth *OECD Science, Technology and Industry Working Papers* (pp. 156). Paris, France: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). OECD Regional Outlook 2019. Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas (pp. 243). Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2021). OECD Compendium of Productivity Indicators. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Parker, K., Graf, N., & Igielnik, R. (2019). Generation Z Looks a Lot Like Millennials on Key Social and Political Issues *FACTANK* (Vol. 2019, pp. 23). Philadelphia: Pew Research Center.

Parker, K., & Igielnik, R. (2020). On the Cusp of Adulthood and Facing an Uncertain Future: What We Know About Gen Z So Far. *Generations & Age* (Vol. 2020, pp. 15). Philadelphia: Pew Research Center.

Paul, A., & Young, S. (2021, April 2021). What is employee engagement? Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://www.wtwco.com/en-SE/Insights/2021/04/what-is-employee-engagement

Petrock, V. (2021). A look at Gen Z's preferred social platforms. *eMarketer Daily Newsletter.* Retrieved 11/10/2022, 2022, from

https://www.insiderintelligence.com/content/gen-z-preferred-social-platforms
Pilcher, J. (1994). Mannheim's Sociology of Generations: An Undervalued Legacy. *British Journal of Sociology, 45*(3).
Quantum Workplace. (2022, 2022). What is Employee Engagement? What, Why, and How to Improve It. Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://www.quantumworkplace.com/future-of-work/what-is-employee-engagement-definition
Rainie, L., Anderson, J., & Page, D. (2017). The Internet of Things Connectivity Binge: What are the Implications? (S. a. T. R. D. E. U. Internet, Trans.) (pp. 94). Philadelphia: Pew Research Center.
RANDSTAD ARGENTINA S.A. (2016, 15/06/2016). Satisfacción laboral iguala a brasileros y argentinos. *Tendencias 360.* Retrieved 11/09/2022, 2022, from https://www.randstad.com.ar/tendencias-360/archivo/satisfaccion-laboral-iguala-a-brasileros-y-argentinos_239/
RANDSTAD ARGENTINA S.A. (2017, 22/09/2017). Satisfacción y movilidad laboral se mantienen estables en Argentina. *Tendencias 360.* Retrieved 11/09/2022, 2022, from https://www.randstad.com.ar/tendencias-360/archivo/satisfaccion-y-movilidad-laboral-se-mantienen-estables-en-argentina_335/
RANDSTAD ARGENTINA S.A. (2022, 15/03/2022). El ambiente laboral, eso que siempre está y muchas veces no prestamos atención. *Tendencias 360.* Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://www.randstad.com.ar/tendencias-360/archivo/el-ambiente-laboral-eso-que-siempre-esta-y-muchas-veces-no-prestamos-atencion_57/
RANDSTAD ESPAÑA S.A. (2016, 18 May 2016). El ambiente laboral como factor de atracción y retención. *Tendencias 360.* Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://www.randstad.es/tendencias360/el-ambiente-laboral-como-factor-de-atraccion-y-retencion/
Randstad N.V. (2016). Randstad Award 2016. Country report Argentina. El poder de la atracción trabajando para tu empresa. *Employer Brand Research* (pp. 60). CABA, Argentina: Randstad N.V.
Randstad N.V. (2017). Employer Brand Research 2017. Country report Argentina. *Employer Brand Research* (pp. 60). CABA, Argentina: Randstad N.V.
Randstad N.V. (2018a). Employer Brand Research 2018. Country report Argentina. *Employer Brand Research* (pp. 44). CABA, Argentina: Randstad N.V.
Randstad N.V. (2018b). Randstad Workmonitor Q1 2018 (pp. 48). Las Condes, Santiago, Chile: Randstad N.V.
Randstad N.V. (2019). Employer Brand Research 2019. Country report Argentina. *Employer Brand Research* (pp. 60). CABA, Argentina: Randstad N.V.
Randstad N.V. (2020). Employer Brand Research 2020. Country report Argentina. Tiempos de talento. *Employer Brand Research* (pp. 69). CABA, Argentina: Randstad N.V.
Randstad N.V. (2021). Employer Brand Research 2021 Global Report. *Employer Brand Research* (pp. 58). Diemen, The Netherlands: Randstad N.V.
Randstad N.V. (2022). Employer Brand Research 2022. Country report Argentina. Human Forward. *Employer Brand Research* (pp. 51). CABA, Argentina: Randstad N.V.

Reilly, P. (2012). Understanding and Teaching Generation Y. *English Teaching Forum, 50,* 10.

Rich, B. L., Lepine, J. A., & Crawford, E. R. (2010). Job Engagement: Antecedents and Effects on Job Performance. *Academy of Management Journal, 53*(3), 617-635. doi: https://doi.org/10.5465/amj.2010.51468988

Richardson, N., & Antonello, M. (2022). People at Work 2022: una visión sobre el equipo humano global (pp. 35). Roseland, New Jersey, United States: Automatic Data Processing, Inc.

Robbins, S. P., & Coulter, M. (2005). *Administración* (J. F. J. D. Martínez & M. Á. S. Carrión, Trans. M. d. Anta Ed. 8va ed.). México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2005). *Comportamiento organizacional* (L. E. Pineda Ayala, Trans. 15 ed.). Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Educación de México, S.A. de G.V.

Rogel, C. (2022, September 16, 2022). Employee Satisfaction vs. Employee Engagement. *DecisionWise Digest* Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://decision-wise.com/resources/articles/job-satisfaction-vs-employee-engagement/

Rothbard, N. P. (2001). Enriching or Depleting? The Dynamics of Engagement in Work and Family Roles *Administrative Science Quarterly, 46*(4), 655-684. doi: http://dx.doi.org/10.2307/3094827

Scott, D. (2014). The Temporality of Generations: Dialogue, Tradition, Criticism. *New Literary History, 45*(2), 157-181. doi: 10.1353/nlh.2014.0017

Shewhart, W. A. (1939). *Statistical method from the viewpoint of quality control*. Washington: The Graduate School of the U.S. Department of Agriculture.

Sorenson, S. (2013, JUNE 20, 2013). How Employee Engagement Drives Growth. *BUSINESS JOURNAL.* Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://news.gallup.com/businessjournal/163130/employee-engagement-drives-growth.aspx

sproutsocial. (2022, n.d.). How Different Generations Use Social Media—and What this Means for Your Business. *Sprout Blog / Guides.* Retrieved 11/10/2022, 2022, from https://sproutsocial.com/insights/guides/social-media-use-by-generation/

Vogels, E. A., Gelles-Watnick, R., & Massarat, N. (2022). Teens, Social Media and Technology 2022 *Internet & Technology / User Demographics / Teens & Tech* (pp. 30). Philadelphia: Pew Research Center.

Vroom, V. H., & Yetton, P. (1973). *Leadership and Decision Making* (1st ed.). Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.

Ward, B. (2021, 11 de ene. de 2021). Is Herzberg's "Job Satisfaction" Theory from 1959 Relevant in the "Employee Engagement" Era? Retrieved 15/10/2022, 2022, from https://www.linkedin.com/pulse/herzbergs-job-satisfaction-theory-from-1959-relevant-ward-dba-cssqb

Wikipedia. (2016, 10 October 2016, at 20:14.). Generation. Retrieved 13/10/2016, 2016, from https://en.wikipedia.org/wiki/Generation#List_of_generations

Wright, T. A., & Staw, B. M. (1999). Affect and Favorable Work Outcomes: Two Longitudinal Tests of the Happy-Productive Worker Thesis. *Journal of Organizational Behavior, 20*(1), 1-23.

Wright, W. F., & Bower, G. H. (1992). Mood effects on subjective probability assessment. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 52*, 276-291.

* * *

EL CICLO DE MEJORA CONTINUA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA LÓGICA TRANSCURSIVA. PUNTOS DE APRENDIZAJE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN TOTAL DE LA CALIDAD

Esteban Anzoise[1]; Cristina A. Scaraffia[1]; Julio H. Cuenca[1]

[1] Grupo IEMI, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.
eanzoise@gmail.com, cscaraffia@yahoo.com.ar, jhcuenca@frm.utn.edu.ar

Resumen: Este trabajo analiza la implementación del Ciclo de Mejora Continua en las organizaciones desde el enfoque de la Lógica Transcursiva para determinar el proceso de institucionalización de la respuesta organizacional a procesos de mejora continua a nivel de individuo, equipo y organización. La secuencia de operaciones incluidas en el Ciclo de Mejora Continua se analiza utilizando el patrón relacional sustentado por la Lógica Transcursiva denominado Patrón Autónomo Universal (PAU). Como primera conclusión, el análisis a través de la LT da soporte al enfoque motivacional del Ciclo de Mejora Continua propuesto por Kondo y da sustento a la Teoría de la Organización Inteligente propuesta por Peter Senge en 1990. La identificación y estimulación de dichos factores motivacionales por parte del nivel de Supervisores en la organización son acciones necesarias para una implementación exitosa de la secuencia de etapas que conforman el Ciclo de Mejora Continua. En este aspecto, se halla que el sentido de propagación de los puntos de aprendizaje resultantes de la implementación de procesos de mejora continua es coincidente con el propuesto por el Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional. Este hallazgo identifica la necesidad de establecer etapas de institucionalización de soluciones a requerimientos de mejora continua de diversos procesos a través del consenso para lograr su efectiva adopción. Como primera conclusión complementaria se halla el análisis a través de la LT permite emerger factores motivacionales necesarios para una implementación exitosa de la secuencia de etapas que conforman el Ciclo de Mejora Continua. Esto da soporte el modelo del Ciclo de Mejora Continua planteado por Kondo. Como segunda conclusión complementaria se puede enunciar que la conducción de los equipos de trabajo requiere capacidades de liderazgo por parte de los supervisores cuyo desarrollo no forma parte del proceso de formación de los mismos. Finalmente, surge el papel de la alta dirección para crear una cultura

sustentada en el trabajo en equipo, liderazgo de los mandos medios, pensamiento crítico de los operarios y el orgullo y satisfacción del trabajo bien realizado. Surge como principal recomendación la necesidad de establecer acciones efectivas de realimentación de los puntos de aprendizaje desde el nivel organizacional hacia el equipo de trabajo y el individuo y desde el equipo de trabajo hacia el individuo para sostener el desarrollo de una cultura organizacional centrada en la calidad y lograr la efectiva adopción de la calidad como ventaja competitiva.

Palabras claves: calidad, Kondo, aprendizaje organizacional, lógica Transcursiva, ciclo de mejora continua, gestión total de la calidad.

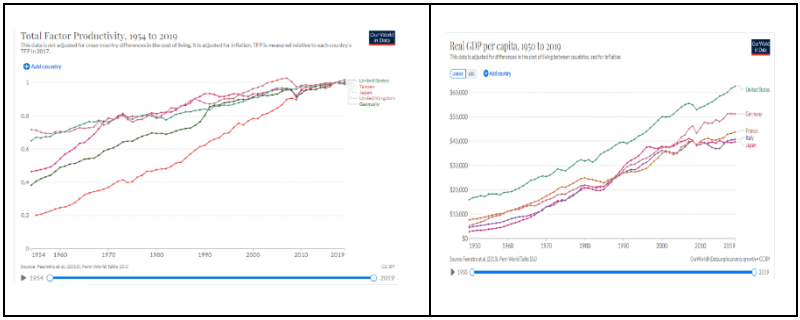
INTRODUCCIÓN

La productividad definida en términos económicos como “la eficiencia con que los insumos de producción, como el trabajo y el capital, se utilizan en una economía para producir un nivel dado de producción” (Kondo, 2002c; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2021) se considera una fuente clave de crecimiento económico y competitividad de las naciones tal como lo expresa Paul Krugman (1997) “la productividad no lo es todo, pero a la larga es casi todo. La capacidad de un país para mejorar su nivel de vida a lo largo del tiempo depende casi por completo de su capacidad para aumentar su producción por hora-hombre” (Krugman, 1997, p. 12). Diversos estudios longitudinales muestran que el crecimiento de la productividad es importante para el bienestar de un país dado su impacto significativo en los ingresos, la creación de nuevos puestos de trabajo y la disminución del desempleo y en diversas dimensiones no materiales como la salud de las personas (Dieppe, Francis, et al., 2021; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2003a, 2003b, 2009, 2016, 2017, 2019). A nivel país, la productividad multinivel o multifactorial, definida como la contribución de la fuerza laboral, el capital y diversos factores como la innovación organizacional y tecnológica, es uno de los principales indicadores (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2017, 2021). A

pesar de la ausencia de un marco uniforme de medición entre los diferentes países (Ahmad et al., 2003; Dieppe, Kawamoto, et al., 2021), el crecimiento en la productividad multifactorial correlaciona positivamente con el crecimiento económico medido a través del Producto Nacional Bruto (Wölfl & Hajkova, 2017; Yalçınkaya et al., 2017) como se muestra en la Figura 1 (Global Change Data Lab, 2019a, 2019b).

Figura 1

Evolución de Productividad Multifactorial y Producto Bruto Interno en países selectos en el período 1954-2019.



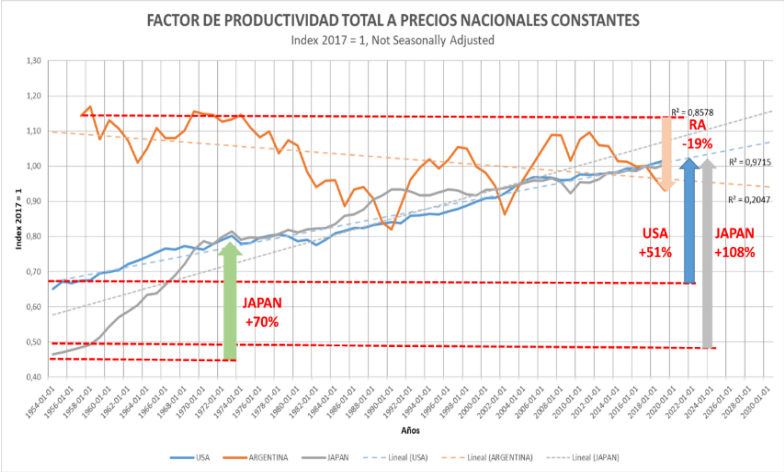
Nota. Reproducido de Global Change Data Lab. (2019). TFP is measured relative to each country's TFP in 2017, 1954 to 2019. Retrieved 06/10/2022, from Global Change Data Lab bajo Creative Commons BY license.

El análisis comparativo del Factor de Productividad Total a precios nacionales constantes (Índice 2017=1) en el período 1954-2019 muestra que dicho factor decreció el 19% en Argentina mientras que se incrementó el 108% en Japón y el 51% en Estados Unidos en el mismo período (Figura 2) (Feenstra et al., 2015; University of Groningen & University of California at Davis, 2021a, 2021b, 2021c). Una de los componentes del Factor de Productividad Total es el aporte de la fuerza laboral o productividad laboral a dicho indicador que puede alcanzar al 60% del total (Sharpe, 2002). La productividad laboral se mide en términos económicos como la generación del Producto Bruto Interno de un país por hora de trabajo efectivamente realizada por los operarios. En términos de operaciones, se mide normalmente como el cociente producción –

horas hombre trabajadas[24] considerando la calidad (productos conforme a especificaciones) (Koontz et al., 2012; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2017; Stevenson, 2018). En Estados Unidos la productividad laboral se incrementó 250% en el período 1948-2018 (Autor et al., 2020) y en Argentina se incrementó 110% en el período 1932-2001. El análisis longitudinal comparativo del cambio en la productividad laboral entre Argentina y Estados Unidos para un mismo período 1948-2001 muestra que mientras en Estados Unidos la productividad laboral se incrementó 175% en Argentina solo se incrementó 52%.

Figura 2

Comparativo del Factor de Productividad Total a precios nacionales contantes entre USA, Japón y Argentina en el período 1954 – 2019



[24] Nota del autor: La productividad laboral o de la fuerza de trabajo [Workforce productivity or Labour productivity] debe distinguirse de la productividad de los empleados [Employee productivity], que es una medida empleada a nivel individual basada en el supuesto de que la productividad general se puede desglosar en unidades cada vez más pequeñas hasta, en última instancia, para el empleado individual, con el fin de utilizarse, por ejemplo, para el propósito de asignar un beneficio o sanción en función del desempeño individual Ruch, W. A. (1994). Measuring and Managing Individual Productivity. In D. H. Harris (Ed.), *Organizational Linkages. Understanding the Productivity Paradox* (1st ed., pp. 321). National Academy Press.

Numerosas investigaciones muestran el impacto positivo del incremento de la productividad en la competitividad en diversos contextos culturales como el europeo; americano, asiático y en el de Latinoamérica y a través de diversos sectores económicos (Baldwin & Yan, 2021; Cunningham et al., 2022; Freeman et al., 2022; Gu & Yan, 2017; Ito & Shimizu, 2015; Katz & Stumpo, 2001; Lee & Tang, 2001; Saito & Tokutsu, 1992). De igual forma, diversos estudios muestran el impacto positivo de las acciones de calidad sobre el incremento de la productividad. Puede citarse como ejemplos, el impacto de los premios nacionales a la calidad (Curkovic et al., 2000; Frank & Chapman, 1995; S. M. Lee, 2003; Shetty, 1993), la certificación ISO9000 (Corbett et al., 2005; Javorcik & Sawada, 2018; Loa et al., 2013; Nasuha & Zuki, 2017; Tzelepis et al., 2006); y la implementación de la Gestión Total de la Calidad (Hradesky, 1988; Krishnan et al., 2000; McCracken & Kaynak, 1996). En la segunda década del siglo XXI, en Argentina solo un mínimo número de organizaciones ha iniciado el camino de la calidad para poder establecer una ventaja competitiva y sobrevivir en un contexto altamente competitivo

Al año 2021, el relevamiento de las expectativas de las PyMEs en Argentina realizado por PricewaterhouseCoopers muestra que los temas de mayor preocupación incluyeron la fuerte presión tributaria (89%), la inflación (84%), volatilidad del tipo de cambio (64%) y los efectos de las restricciones por la pandemia (61%). Como respuesta a dichos factores de contexto, las principales acciones reportadas para afrontar los desafíos del año 2021 fueron la implementación del trabajo remoto (59%); foco en las ventas online (36%); protocolos de comunicación ante la crisis (37%) y la creación de espacios virtuales para el encuentro de distintos sectores (28%) (PwC Argentina, 2022). Las principales acciones realizadas por las PyMEs en Argentina en el año 2019 fueron el desarrollo de nuevos negocios, el desarrollo de nuevos canales de comercialización y la reducción de costos y análisis del margen de rentabilidad (PwC Argentina, 2019). Similares respuestas en un contexto organizacional darwiniano se hallan en diversos estudios de la realidad empresarial en Argentina en el período 2003 – 2019 lo que muestra la ausencia de procesos de cambio organizacionales que impulsen la supervivencia de las organizaciones (Hodgson, 2013; Nicholson & White, 2006). No surge en dichos relevamientos la

mejora de la productividad sin descuidar la calidad[25] o el incremento de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad[26]. Es difícil establecer las causas de dicha visión equivocada de la calidad entre las organizaciones. Un factor posible es la complejidad y los costos inherentes de implementar un sistema de gestión de calidad en organizaciones civiles en USA y UK mediante la implementación de las versiones iniciales de normas como BS5750 (año 1979), ANSI/ASQC Z1.15 (año 1979) y la serie ISO 9000 (fines de 1987) y sucesivas versiones. Otro factor posible es la existencia de diferentes definiciones de calidad y la dificultad inherente de implementar el proceso de cambio organizacional que requiere la suma de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad (Anzoise et al., 2021; Anzoise et al., 2020).

El Ciclo de Mejora Continua

El principio de aprendizaje y mejora continua fue inicialmente planteado por Walter A. Shewhart (1891-1967) como resultado de su experiencia para mejorar el proceso de producción en la planta industrial Hawthorne Works de Western Electric Company ubicada en Cicero, Illinois (Wilson et al., 2005). Para mejorar la confiablidad de los sistemas de transmisión producidos en dicha planta, creó un programa de inspección para asegurar el cumplimiento de las especificaciones y estándares de calidad para evitar el envío de productos defectuosos a los clientes y de este modo reducir los costos de reparación de los mismos. En 1924, logró resolver el problema de la variabilidad en las especificaciones del bien manufacturado al identificar dos categorías de variación que llamó variación de "causa asignable" ("causa especial") y de "causa

---

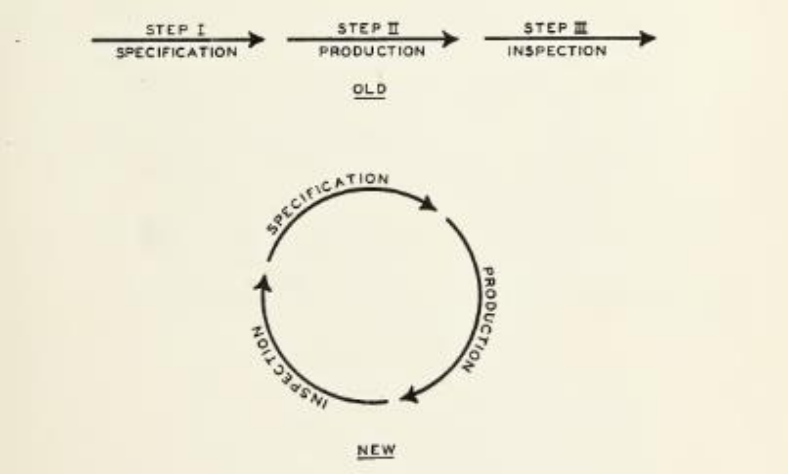
[25] Nota del autor: Su conceptualización y difusión se sustentó en los estudios pioneros de Taylor, Gilberth y Mayo Helms Marilyn, M. (1996). Perspectives on quality and productivity for competitive advantage. *The TQM Magazine, 8*(3), 5-10. https://doi.org/10.1108/09544789610118403, Roser, C. (2016). *Faster, Better, Cheaper in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond*. Taylor & Francis Inc.

[26] Nota del autor: el factor de cambio organizacional centrado en el enfoque de calidad total – desarrollado por las compañías japonesas - como ventaja competitiva en la década de los 70s y 80s Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review, 77*(5), 96-106. .

casual" ("causa común"). Para el registro y análisis de las mismas, ideó diferentes tipos de gráficos de control que permitieron distinguirlas. Desde esta perspectiva, tener el proceso de manufactura en un estado de control estadístico – donde solo variaciones debido al azar o de causa casual – es la condición necesaria para reducir el nivel de desperdicios o productos no conformes y mejorar la calidad. Para poder establecer los pasos requeridos en el proceso de control de calidad, Shewhart introduce el concepto de manufactura como un proceso lineal de tres pasos (Figura 3) identificados como especificar – producir - inspeccionar y establece su analogía con el método científico.

Figura 3

Ciclo de mejora continua de Shewhart



Nota. Reproducido de Shewhart, W. A. (1939). Statistical method from the viewpoint of quality control. Washington: The Graduate School of the US Department of Agriculture, p. 44.

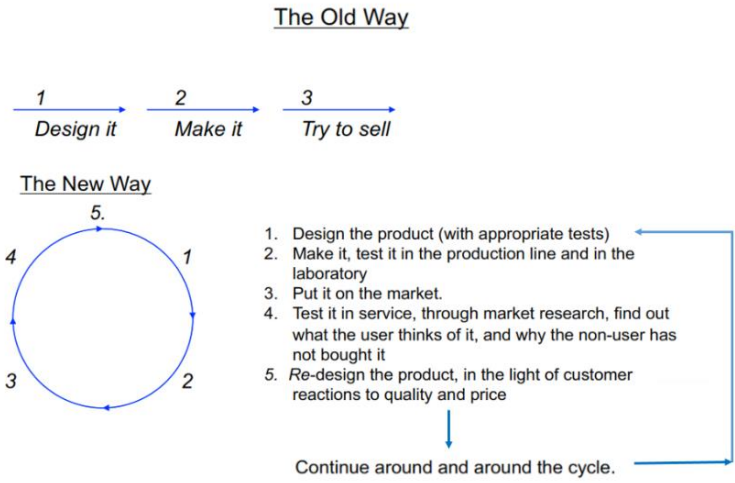
William Edwards Deming (1900-1993) extendió el alcance del concepto de mejora continua propuesto por Shewhart y lo focalizó en la gestión organizacional. A partir del ciclo de mejora continua de Shewhart, Deming planteó un ciclo de mejora continua del proceso

de diseño y producción que se conoce como la rueda de Deming, el ciclo de Deming o el círculo de Deming (Ishikawa, 1997; Kolesar, 1994). Tuvo la oportunidad de presentar esta nueva versión en 1950 durante un seminario de ocho días en Japón patrocinado por la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUSE). En su versión del ciclo de Shewhart, Deming destacó la interacción constante entre los pasos de diseño (diseñar el producto con testeos apropiados); producción (fabricar el producto y testearlo en la línea de producción y en el laboratorio); ventas (vender el producto) e investigación (testear el producto en servicio a través de la investigación del mercado de modo de hallar lo que los usuarios piensan sobre el mismo y por qué la gente que no lo compró no lo hizo) (Deming, 1982). Enfatizó que estos pasos deben rotarse constantemente, con la calidad del producto y el servicio como el objetivo, como se muestra en la Figura 4 (Imai, 1986; Latzko & Saunders, 1995; Sergent, 2013).

A diferencia de Deming, que se focalizó en la formación en principios y herramientas estadísticas, Juran eligió un enfoque gerencial para poder comunicar la responsabilidad de la alta gerencia para gestionar la calidad identificando las cinco áreas primarias de responsabilidad gerencial: 1) establecer la política organizacional sobre calidad; 2) elegir la calidad del diseño (del proceso o servicio); 3) diseñar el plan para organizar la compañía en relación con la calidad; 4) establecer la medición de lo que acontece en la organización con respecto a la calidad; y 5) revisar los resultados obtenidos respecto de los objetivos a alcanzar y las acciones a realizar ante desvíos significativos (Kolesar, 2008). Este fue el enfoque elegido por JUSE para el enfoque de la calidad en Japón ya que, en un contexto altamente competitivo, incrementar la productividad solo es condición necesaria pero no suficiente para establecer una clara ventaja competitiva respecto de la competencia. Es necesario producir las cantidades requeridas de productos o servicio demandado por los clientes según las especificaciones de ingeniería que satisfagan las necesidades de los mismos al menor costo posible. Esto requiere producir el 100% de productos conforme a especificaciones al menor costo posible (Kondo, 1990b, 2002c, 2002d, 2003).

Figura 4

Ciclo de mejora continua de Deming propuesto en 1950 y publicado en Dr. W. Eduard Deming´s Lectures on Statistical Control of Quality (1950) y su versión revisada Elementary Principles of the Statistical Control of Quality (1951).



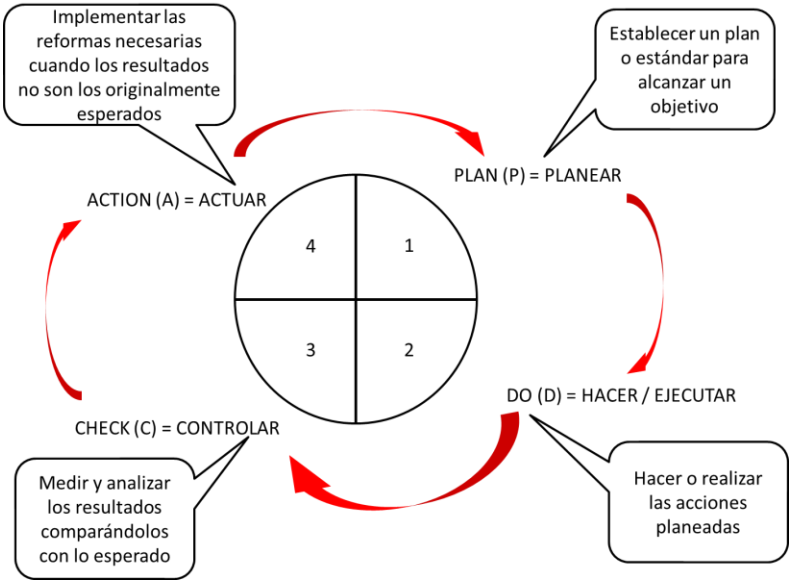
Nota. Adaptado de Latzko, W. J., & Saunders, D. M. (1995). Four Days with Dr. Deming: A Strategy for Modern Methods of Management (1st ed.), p. 4. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company & Sergent, D. (2013). A History of Deming, the Red Bead Experiment and Lean. The Scientific Method Applied to Management and Leadership. Paper presented at the Michigan Lean Consortium Learning Program, Michigan http://michiganlean.org/Resources/Documents/MLC%20History%20of%20Deming%20_%20Red%20Bead%20Experiment.pdf

En 1961, el Dr. Shigeru Mizuno (1910 – 1989) fue el primero en presentar el ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) en los cursos de Control de Calidad desarrollados por la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUSE) (Kolesar, 1994). Mizuno lo denominó el “Círculo de Control” (Mizuno, 1992, p. 9) (Figura 5) en su publicación *Companywide Quality Control* y surgió de extender las ideas planteadas por Deming para la mejora continua del proceso de diseño y producción a todas las fases de la gestión

organizacional. Como se muestra en la tabla 1, “las cuatro fases o etapas de la rueda fueron vistas como correspondiendo a una acción gerencial específica” (Imai, 1986, p. 60). Mizuno identificó diferentes definiciones de Control, pero coincide con la expresada por Juran cuando lo definió como “la totalidad de todas las acciones por las cuales se establece y alcanzan los estándares”. Mizuno consideró que cuando uno decide hacer algo lo inicia con un plan, trabaja acorde a dicho plan, y revisa el resultado obtenido. Si el resultado no es lo planeado, revisa los procedimientos de trabajo o el plan dependiendo del tipo de falla identificada. Todas estas acciones se realizan dentro de lo que se denomina Control (Mizuno, 1989).

Figura 5

Diseño cíclico del ciclo de mejora continua PDCA propuesto por Mizuno en 1984



Nota. Adaptado de Mizuno, S. (1992). Company-Wide Total Quality Control (J. F.-R. Centre, Trans.), p. 9. Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization

Tabla 1

Correlación entre el ciclo de mejora continua de Deming y el ciclo PDCA

Etapa o fase en el ciclo de mejora continua de Deming	Etapa o fase en el ciclo PDCA	Actividades a realizar orientadas a la mejora
Diseño	Planear [Plan]	El diseño del producto corresponde a la fase de planeamiento de la función de gestión
Producción	Hacer [Do]	Producción corresponde a hacer – fabricando o trabajando en – el producto que fue diseñado
Ventas	Revisar [Check]	Las cifras de venta confirman si el cliente está satisfecho o no
Investigación	Actuar [Action]	En el caso que se presenten quejas sobre el producto, éstas se deben incorporar a la fase de planeamiento, y se deben realizar pasos positivos (acción) para la siguiente secuencia de esfuerzos de la organización. Acción, en este contexto, se refiere a acciones para la mejora.

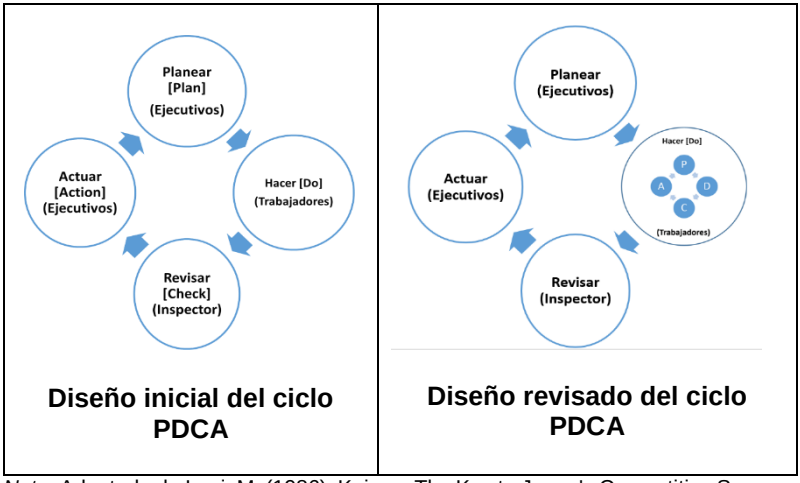
Nota. Adaptado de Imai, M. (1986). Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success (1st Edition). New York: McGraw-Hill Publishing Company

El ciclo PDCA fue y es aplicado por los ejecutivos japoneses en todas las acciones y situaciones de gerenciamiento de la organización. El ciclo PDCA es una serie de actividades orientadas a la mejora. El ciclo comienza con el estudio de la situación actual que requiere la recolección de datos para, a partir del análisis de los mismos, poder formular un plan para la mejora. Cuando el plan ha sido formulado, se implementa y a la finalización de la implementación se revisa para determinar si ha producido la mejora esperada. “Cuando el experimento ha sido exitoso, una acción final

como la estandarización metodológica se realiza para asegurar que el nuevo método implementado será ejecutado en forma continua para sostener la mejora alcanzada" (Imai, 1986, p. 61). Durante la aplicación inicial del ciclo PDCA, la etapa de Revisar [Check] significaba que los inspectores revisaban el trabajo realizado por los operarios o trabajadores y la etapa de Actuar [Action] involucraba las acciones correctivas realizadas en caso de hallar errores o defectos en el resultado del trabajo realizado. Ergo, el concepto inicial subyacente en el diseño del ciclo PDCA fue la división de trabajo entre supervisores, inspectores y trabajadores como se muestra en la Figura 6 (Imai, 1986).

Figura 6

Diseño inicial y revisado del ciclo de mejora continua PDCA



Nota. Adaptado de Imai, M. (1986). Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success (1st Edition). New York: McGraw-Hill Publishing Company

La aplicación de este diseño del ciclo de mejora continua mostró que las acciones post-correctivas realizadas no resultaban suficiente. En consecuencia, surge una versión revisada del ciclo PDCA (Figura 6). En esta versión, Planear [Plan] implica planear mejoras en las prácticas organizacionales existentes utilizando herramientas estadísticas tales como las siete herramientas del

Control de Calidad (diagrama de Pareto, diagrama causa y efecto, histogramas, gráficos de control, gráficos x-y, gráficos y listas de control). La etapa Hacer [Do] significa la aplicación del plan realizado; la etapa Revisar [Check] involucra revisar si se ha alcanzado la mejora deseada; y la etapa Actuar [Action] incluye evitar la recurrencia de la situación anterior e institucionalizar la mejora lograda como una práctica para su posterior mejora. Por lo que el ciclo PDCA se debe entender como un proceso cíclico o continuo donde tan pronto como una mejora se ha estandarizado, ésta se debe desafiar con nuevos planes de mejora, y en consecuencia revisada y reemplazada con nuevos y mejores estándares. Imai (1986) destaca que "mientras la mayoría de los trabajadores en occidente ven los estándares como objetivos fijos, los practicantes del PDCA en Japón ven los estándares como el punto de partida para realizar un mejor trabajo la próxima vez" (Imai, 1986, p. 63)

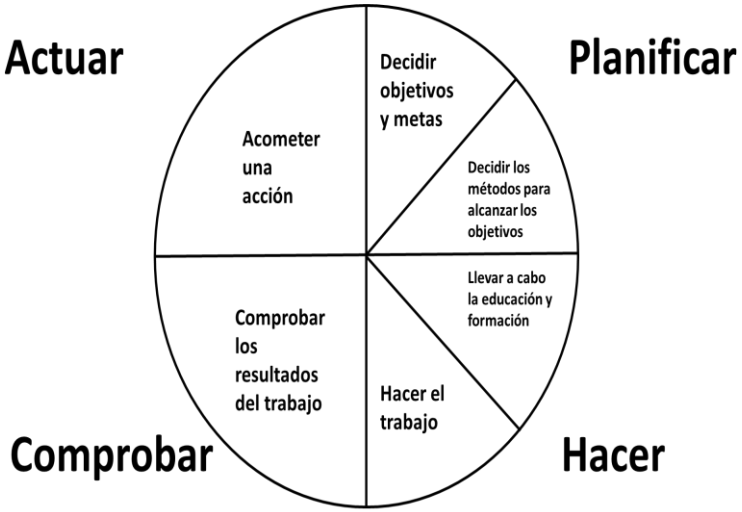
El Dr. Kaoru Ishikawa (1915-1989) profundiza el diseño del ciclo de mejora continua PDCA propuesto por el Dr. Shigeru Mizuno y lo focaliza como un procedimiento de dirección científica utilizando el enfoque del Control de Calidad. A medida que la organización establece objetivos de producción más desafiantes, la relación individuo - equipo de trabajo - organización surge como elemento desencadenador del proceso de mejora continuo. En proceso adaptativo, las enseñanzas de Juran fueron adecuadas por Kaoru Ishikawa (el Padre del Control de Calidad en Japón) a un contexto cultural diferente de modo que toda la fuerza laboral fuera consciente del proceso de control de calidad (Peterson & Barker, 1992). En ese contexto, Japón desarrolla a principios de la década de los 60s su visión del Control de Calidad en toda la organización [Company Wide Quality Control (CWQC)] a partir del enfoque de Shigeru Mizuno. En forma concurrente, Kaoru Ishikawa contribuye al desarrollo de dicho enfoque y distingue las diferencias del enfoque japonés del control de calidad con respecto al enfoque en occidente (Ishikawa, 1986). Ishikawa expresa que "El control de calidad consiste en el desarrollo, diseño, producción, comercialización y prestación del servicio de productos y servicios con una eficacia del coste y una utilidad óptima, y que los clientes comprarán con satisfacción. Para alcanzar estos fines, todas las

partes de una empresa …. tienen que trabajar juntas” (Ishikawa, 1997, p. 2).

La etapa de Planificar incluya ahora dos pasos explícitos: 1) decidir un objetivo; y 2) Decidir los métodos a utilizar para alcanzar el objetivo; la etapa de Hacer incluye llevar a cabo la educación y formación y hacer el trabajo a realizar; y siguen sin alteración los pasos de Comprobar y Actuar como se muestra en la Figura 7. Si a partir de los datos obtenidos de los requerimientos de los clientes se aplica el círculo PDCA propuesto para generar el producto que el consumidor pagará y se establecen los lazos de control requeridos entre las distintas etapas para prevenir la repetición de problemas se logra el control de calidad respecto de los objetivos de calidad claramente definidos (Figura 8).

Figura 7

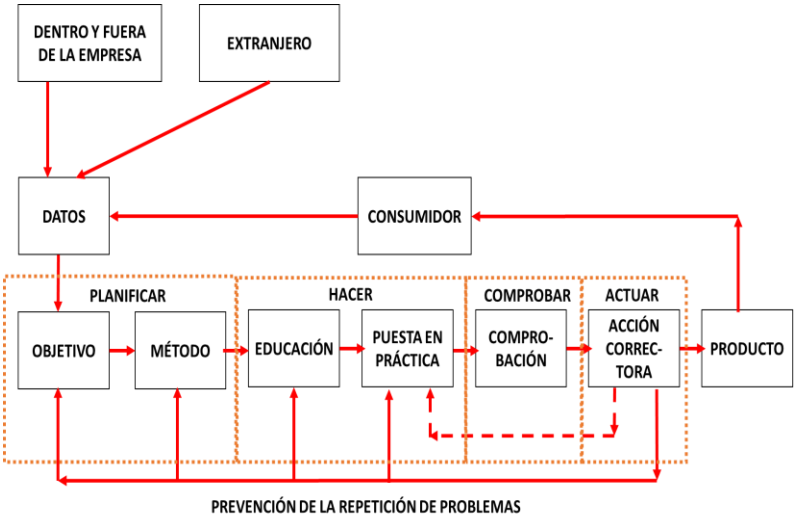
El ciclo de mejora continua PDCA mejorado de Ishikawa



Nota. Adaptado de Ishikawa, K. (1997). Introducción al Control de Calidad (J. N. Medina, Trans.), p. 43. Madrid: Díaz de Santos.

Figura 8

El ciclo de mejora continua PDCA mejorado de Ishikawa y el Control de Calidad



Nota. Adaptado de Ishikawa, K. (1997). Introducción al Control de Calidad (J. N. Medina, Trans.), p. 59. Madrid: Díaz de Santos.

Finalmente, el Profesor Dr. Yoshio Kondo (1924-2011), en su libro "Human Motivation, A Key Factor for Management"[27] propone un modelo de motivación (Kondo, 2002d) que muestra la correlación positiva entre la Satisfacción en el Trabajo y el incremento de la Productividad a través de la reducción de los costos de la no calidad (Kondo, 1999, 2002d). Desde su punto de vista, la satisfacción en el trabajo de los recursos humanos es condición indispensable para garantizar el mejoramiento de la calidad (Kondo, 1990b, 1999), la reducción de sus costos y por ende una mayor productividad (Kondo, 1999, 2002a; Kondo et al., 1991). Kondo extiende la perspectiva de la motivación al identificar en el ciclo de mejora continua el lado emocional (espiritual) y el lado lógico. De igual

[27] Nota: Publicado originalmente con el título *Ohanashi Motivation* en 1989 por Japanese Standards Association.

forma, propone que las acciones que conforman el ciclo “Plan (planear)-Do (hacer)-Check (verificar)-Act (actuar)” sean ejecutadas a nivel del trabajador

Kondo considera la alternancia entre la lógica y las emociones en un flujo continuo siguiendo el ciclo PDCA como el proceso natural para alcanzar los objetivos planteados. Las actividades que exhiben las características del control de la calidad yacen en la fase del “Check (verificar)” y el “Act (actuar)”. Dichas fases consisten en detectar irregularidades en el resultado del trabajo, investigando e identificando sus causas para luego tomar acciones correctivas. Kondo vincula este sistema a un método útil, tanto para la motivación como para el control de la calidad (Kondo, 2002d). Para estos fines Kondo (1991) enfatiza el rol del líder, el que debe establecer sistemas que permitan la rotación del ciclo PDCA entre los miembros de un equipo y entre los que integran diferentes departamentos dentro de la organización. La cooperación entre equipos de trabajo interdisciplinarios incita a la creatividad (Kondo, 2002c), de allí que la información de realimentación que se produzca entre ellos servirá para mejorar los proyectos y la calidad de los productos (Kondo, 2000). Ello facilita las fases del Check (verificar) y el Act (actuar) lo que conlleva a ampliar las actividades de trabajo de las personas, incrementar sus capacidades, resaltar la importancia de sus tareas, y por ello proporcionar un fuerte sentido de responsabilidad (Kondo, 2002c). Finalmente, el líder debe ser capaz de convencer a sus subordinados de aceptar el propósito común del grupo a fin de alcanzar los objetivos, debe mostrar tenacidad y paciencia, y guiar y animar a sus seguidores (Figura 9).

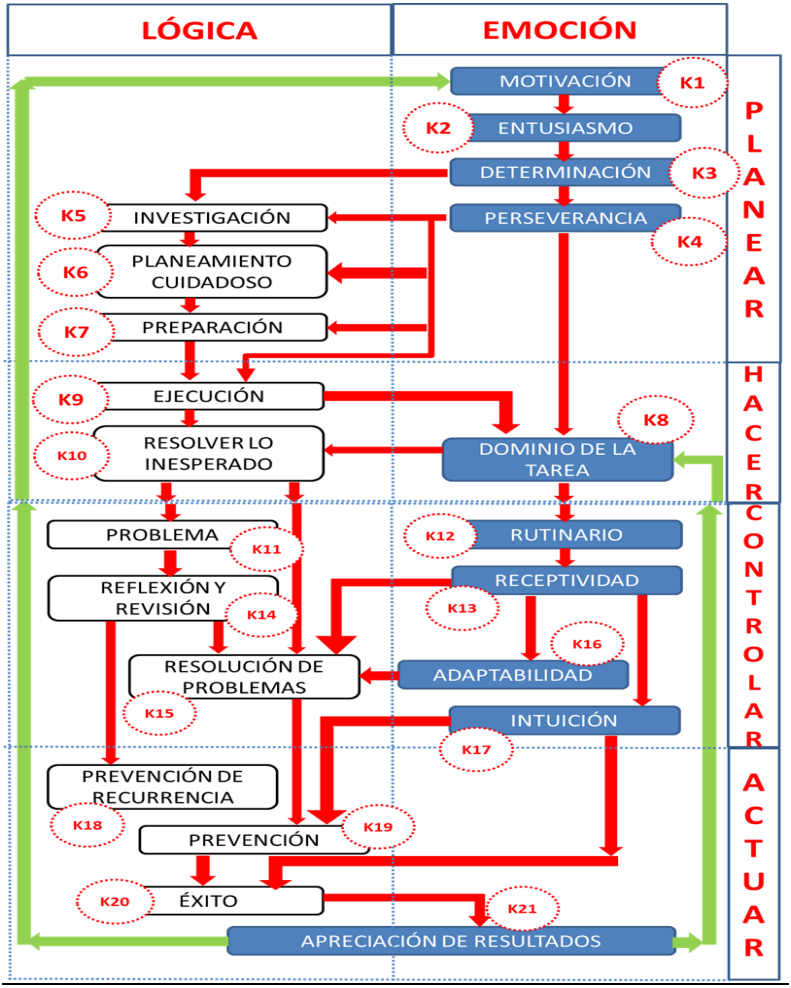
La perspectiva de Kondo de la alternancia entre las emociones y el plano de la lógica es avalada por diferentes investigaciones donde se plantea la relación entre los afectos y la satisfacción en el trabajo. Diversas fuentes de investigación muestran que los individuos que experimentan estados afectivos positivos están más dispuestos a ayudar a los demás, son más creativos, mejores negociadores, y tienen mayor persistencia para desarrollar tareas inciertas (George & Brief, 1992; Isen & Baron, 1991). Existe además evidencia empírica que permite considerar los estados afectivos positivos como predictores de la realización de resultados esperados en el trabajo (George & Bettenhausen, 1990) o mejor rendimiento ya que

el estado afectivo positivo puede mejorar la expectativa de que el esfuerzo lleva a un mejor rendimiento (Forgas et al., 1990; George & Brief, 1996; George et al., 1989; Wright & Staw, 1999; Wright & Bower, 1992). Esta perspectiva coincide con la de la teoría del establecimiento de metas cuando postula que las tendencias optimistas permiten a los individuos definir y/o aceptar objetivos desafiantes lo que lleva a obtener un rendimiento superior y a la persistencia para alcanzar dicho objetivo (George & Brief, 1996) a pesar de las condiciones adversas (Burke et al., 1993; Forgas, 1992). Por lo tanto, siguiendo con los beneficios que tiene una real participación entre los equipos de trabajo y el papel del líder, Yoshio Kondo explica que, si se fomenta el sentido de responsabilidad (Kondo, 2002c) y la rotación del ciclo PDCA, la comunicación entre los grupos aumenta, así como la cooperación, por lo que las capacidades, iniciativa e independencia de los miembros son ampliadas y ejercitadas (Figura 9).

Como consecuencia, los objetivos indefinidos se transforman en objetivos comunes, los caminos para lograr dichos objetivos se incrementan y mejoran; y la estructura del grupo se convierte en un arreglo multilateral entre el líder y los seguidores, debido a que las capacidades del líder son complementadas por las de los miembros del equipo (Kondo et al., 1991). Este estudio argumenta que el análisis de la implementación del Círculo de Mejora Continua como un proceso de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva permite superar las limitaciones impuestas por el análisis organizacional clásico e identificar las etapas de institucionalización para lograr su efectiva implementación.

Figura 9

Relación entre motivación y satisfacción con los resultados en el enfoque de Kondo del ciclo de mejora continua PDCA



Fuente: Adaptado de Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., et al. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management [Ohanashi Motivation]* (J. H. Loftus, Trans. 1st ed.). Tokyo, Japan: 3A Corporation

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

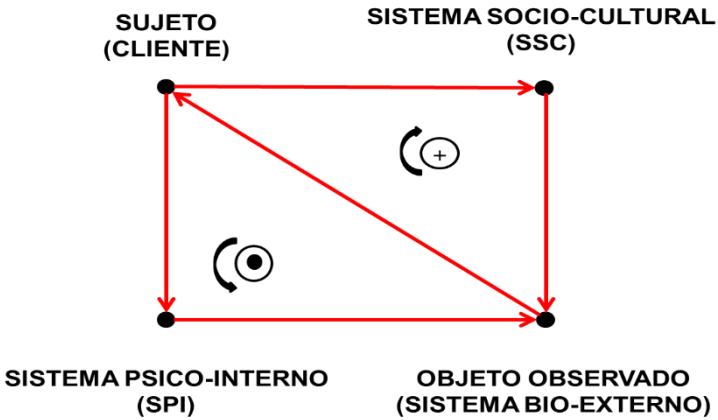
La Lógica Transcursiva propone la existencia de un modelo relacional, del género de Modelo Autómata Finito Determinista No Sincrónico, denominado Patrón Autónomo Universal (PAU) de validez universal. Este modelo relacional establece una correspondencia particular entre dos subgrupos: uno superficial formado por elementos estáticos perfectamente identificados por un código binario y la transformación aparente que los relaciona; y el otro de naturaleza profunda formado por los mismos elementos estáticos pero ahora con una transformación oculta que los desorganiza para reorganizarlos en un siguiente estado produciendo una evolución adaptativa frente a las demandas del marco de referencia planteado en un contexto de investigación definido. Este modelo así propuesto permitiría describir la relación entre los diferentes componentes de fenómenos sociales y naturales tales como biología, filosofía, psicología, economía, física y literatura (Salatino Cuccia, 2017a, 2017b). Para el área social, la LT propone un modelo definido por cuatro elementos: dos de ellos de naturaleza estática identificados como sujeto (S) observador (01), unidad biológica con capacidad para introspección y para interactuar con el mundo en forma independiente; y el objeto (O) observado (10), que es aprehendido mediante el sistema bio-externo (la biología del sujeto, que pertenece a la misma categoría que todos los objetos inertes (sin vida) que se encuentran en el entorno)[28]. El tercer elemento (V) es la transformación que interrelaciona el S observador con el O observado, lo que se proyecta, a modo de respuesta en el sistema sociocultural (SSC). Finalmente, como cuarto elemento identifica el Sistema Psico-Interno (SPI) que reside en el interior del Sujeto donde se procesa la percepción del mundo externo luego de cada interacción con el mismo y se genera una nueva visión del mundo que transforma al sujeto (Figura 10). La tabla 2 muestra las condiciones lógicas asignadas a cada estado del modelo planteado donde la transición

[28] Nota del autor: Desde la concepción subjetivista de la LT, el único "sujeto" que existe es el observador. Los "otros sujetos" que conviven con él, son vistos como "objetos" con capacidad para modificar el entorno, algo que un objeto inerte no puede hacer.

entre los diferentes estados depende del resultado de la transición anterior.

Figura 10

Esquema del Patrón Autónomo Universal para el área social



Nota. Adaptado de Salatino, D. R. (2017). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3(2), 18.

Tabla 2

Relación lógica entre los componentes del modelo social de la LT

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	El Sujeto surge como referencia y es independiente del Objeto Observado
1	0	El Objeto Observado existe en el Sistema Bio-Externo (SBE) y ve al Sujeto como un ente distinto
1	1	El Objeto Observado existe y ve al sujeto como parte de un Sistema Socio-Cultural (SSC) donde interactúa en una relación estímulo - respuesta
0	0	El Sujeto se aleja del mundo externo y reflexiona sobre sí mismo y su aprendizaje del mundo exterior. Dicha reflexión cambia la visión del observador de la realidad (SSC)

Nota. Adaptado de Salatino, D. R. (2017). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3(2), 18

El Ciclo de Mejora Continua desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Planear

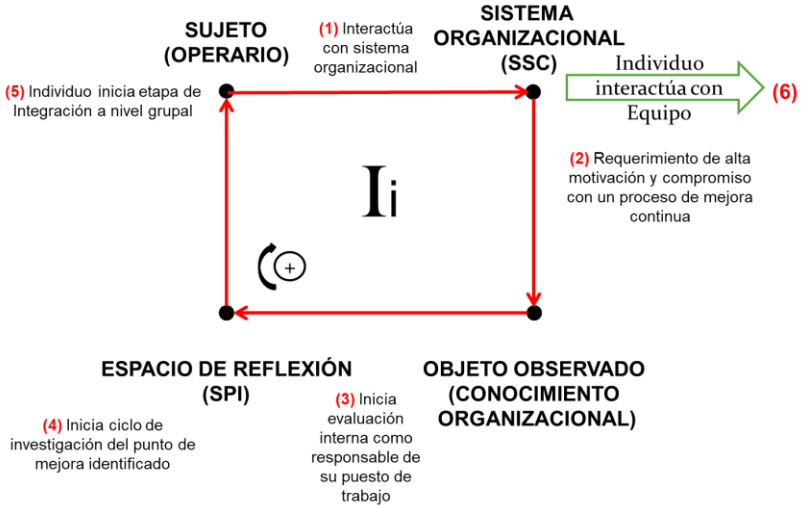
Planear se entiende como "el proceso estructurado para desarrollar productos (tanto bienes físicos como servicios) que asegure que las necesidades del consumidor se satisfagan con el producto final" (Early & Coletti, 1998, p. 45), se busca establecer las especificaciones de producto o servicio que satisfaga las necesidades de los clientes internos[29] y externos y por ende definir el nivel de conformidad esperado del proceso relacionado con dichos productos o servicios. Kaoru Ishikawa (1915-1989) profundiza el diseño del ciclo de mejora continua PDCA propuesto por el Dr. Shigeru Mizuno y lo focaliza como un procedimiento de dirección científica utilizando el enfoque del Control de Calidad. La etapa de Planificar incluya ahora dos pasos explícitos: 1) decidir un objetivo; y 2) Decidir los métodos a utilizar para alcanzar el objetivo. Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Sujeto (Operario) interactúa con la Organización (Sistema Socio Cultural (SSC)) que busca que los integrantes de la organización estén motivados (K1) y entusiasmados (K2) para iniciar un proceso de mejora continua. El Observador, para este caso el Objeto Observado, queda definido por el Conocimiento Organizacional generado e integrado en la organización requerido para poder establecer procesos que generen los productos y/o servicios demandados por los clientes. El Sujeto no halla respuesta al punto de mejora bajo análisis en el Conocimiento Organizacional existente por lo que inicia un ciclo de evaluación interna como responsable de su puesto de trabajo (3). Como consecuencia, en su Espacio de Reflexión Interno (SPI), impulsado por su determinación a contribuir a la mejora organizacional, inicia un ciclo de investigación del punto de mejora identificado (4). Al salir de este Espacio de Reflexión Interno inicia una etapa de integración a nivel grupal (5) que lo lleva a interactuar con el Grupo o Equipo de Mejora al cual pertenece (6) como se muestra en la Figura 11. El proceso de *integración,* definido como el proceso de desarrollar una comprensión compartida entre

[29] Nota del autor: se entiende por clientes internos a los miembros de la empresa y/o subprocesos que forman parte del proceso principal

individuos y la realización de acciones coordinadas a través de ajuste mutuos, permite, a medida que se profundiza entre los integrantes, crear una visión y valores compartidos que alinean los procesos de decisión con los objetivos estratégicos a alcanzar (Crossan et al., 1999).

Figura 11

Etapa de Planear (p) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por el individuo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



Entre los individuos y los equipos de trabajo surge el proceso de *interpretación* y el de investigación (K5) centrada en la *experimentación*. El proceso de *interpretación* es entendido como la explicación a través de palabras, imágenes y metáforas y/o acciones de una idea propia a otros lo que se traduce en aprendizaje en un contexto social desde la perspectiva de la Teoría Cognitiva Social. El proceso de *experimentación* es el realizado por individuos y grupos, como parte de la acción de investigación, cuyo resultado añade significado a sus ideas preliminares de hallar la mejora respuesta al punto de mejora identificado (interpretaciones cognitivas). De hecho, la investigación de un evento desde la perspectiva del pensamiento científico constituye el núcleo del modelo de gestión identificado como Toyota Way ya que es “en la

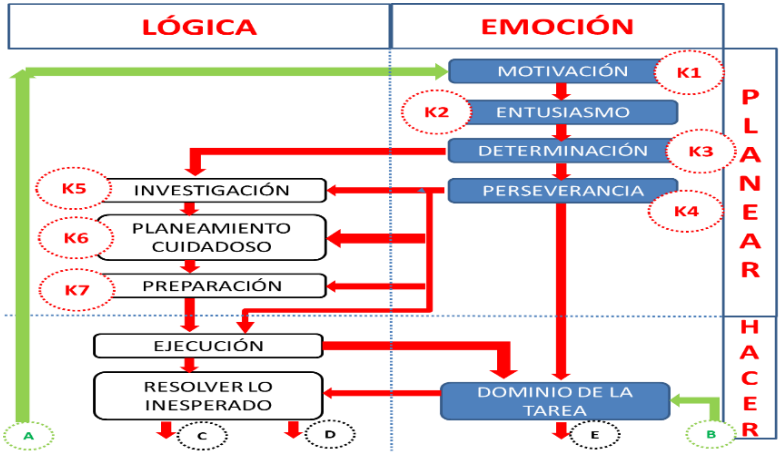
línea de proceso donde es importante empezar con el fenómeno real y buscar las causa raíces para poder resolver el problema. En otras palabras debemos enfatizar “analizar los hechos” …” (Liker, 2021, p. 47). En la cultura organizacional de Toyota se busca desarrollar una forma de pensar o de ver el mundo en respuesta a los objetivos a alcanzar y los problemas a enfrentar caracterizado por:

> entender que nuestra comprensión es siempre incompleta y posiblemente equivocada; asumir que las respuestas se hallarán al testear más que en solo deliberar (al hacer predicciones y testearlas con experimentos); y apreciar que las diferencias entre lo que se predice que sucederá y lo que realmente pasa puede ser una fuente útil de aprendizaje y ajuste correctivo. (Liker, 2021, p. 47)

Desde la perspectiva de la Teoría Cognitiva Social, en ambos niveles – *interpretación* y *experimentación* - solo se produce aprendizaje cuando el individuo se da cuenta que el resultado es consecuencia de sus acciones. Por lo que la búsqueda de solución al punto de mejora detectado en el proceso bajo análisis es compartido y analizado en forma grupal donde los individuos son impulsados por la determinación (K3) de hallar la mejora del proceso y su esfuerzo sostenido en el tiempo a través de la perseverancia (K4) que los individuos tienen (Kondo et al., 1991). Esta secuencia de procesos cognitivos es lo que en términos de aprendizaje organizacional Chris Argyris (1991) define como un doble lazo de aprendizaje (Argyris, 1991). A nivel de individuo es necesario promover dicho proceso de aprendizaje a través de la *motivación* (en la presencia de incentivos un aprendizaje todavía no evidenciado puede transformarse en acción) (Kondo, 2002d). Esto culmina en el planeamiento (K6) y preparación (K7) cuidadosa de las acciones que serán necesario realizar o podrían realizarse en el futuro inmediato (Figura 12).

Figura 12

Identificación de los estados emocionales y lógicos en la etapa de Planear desde el enfoque de Kondo del ciclo de mejora continua PDCA



Nota. Adaptado de Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., et al. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management [Ohanashi Motivation]* (J. H. Loftus, Trans. 1st Ed.). Tokyo, Japan: 3A Corporation

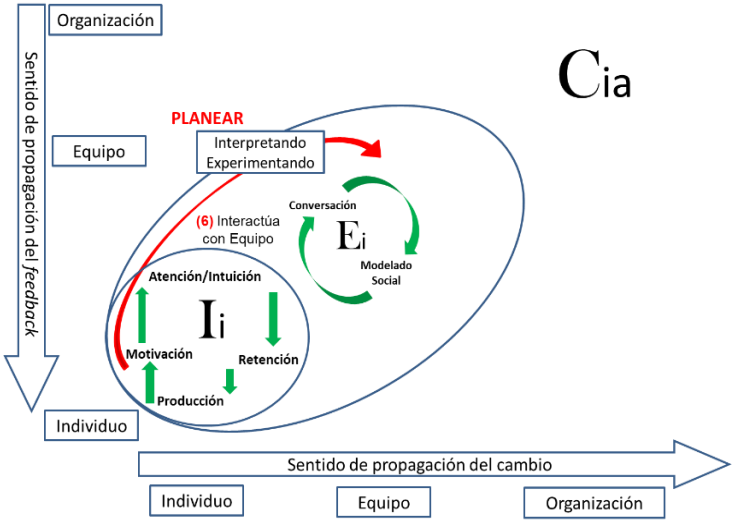
En esta instancia del proceso de búsqueda de la propuesta de mejora se manifiestan los procesos de aprendizaje de conversación (o diálogo) y modelado social (como facilitador de altos niveles de aprendizaje a través de la observación que permite modelar acciones, aprender reglas y decisiones al observar a otros y extraer principios abstractos contenidos en los pensamientos y acciones exhibidas por otros; lo que permite aprender reglas generales para manejar diferentes situaciones antes que solo tener respuestas especificas o rutinas pre-establecidas). Esto es requerido para poder hallar consenso rápidamente a través de la diversidad cultural de los individuos que componen la organización al buscar los elementos culturales comunes.

Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Sujeto (Equipo de Mejora), ahora con un determinado nivel de Inteligencia y Alternativas de Solución de la respuesta al punto de mejora identificado, inicia un ciclo de búsqueda de mejora organizacional a

nivel grupal a través de la Conversación (7) liderados por un supervisor o jefe del área de producción con dominio de estadística básica, técnicas de resolución de problemas y habilidades probadas de liderazgo de equipos de trabajo de alto rendimiento (Kondo, 2002b, 2002c). El Equipo de Mejora conformado por seis a ocho operarios analizará el punto de mejora identificado o el problema que afecta al proceso que incrementa el número de productos no conformes a especificaciones para poder identificar y recomendar soluciones (Hutchins, 1984) (Figura 13).

Figura 13

Etapa de Planear (P) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por el individuo desde la perspectiva del Aprendizaje Organizacional



Nota. Adaptado de Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2020). El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión. En D. R. Salatino; L. E. Gómez & G. A. Cuadrado (Eds.), *Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva III – Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería* (1st ed., Vol. 1, pp. 311-330*).* Universidad Tecnológica Nacional.

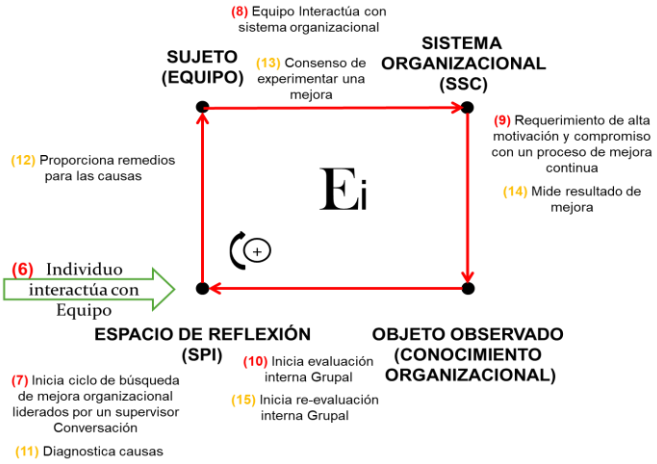
Hacer

El Equipo de Mejora ahora interactúa con el sistema organizacional (8) encontrando el mismo requerimiento de que los integrantes de

la organización estén motivados y comprometidos con un proceso de mejora continua (9). Este requiere que el Sistema Organizacional permita y aliente un estilo de liderazgo BOTTOM – UP - crucial para el éxito - que descansa directamente en el profundo conocimiento y las habilidades probadas de los operarios en la línea de producción (K8) (Kondo, 2002b, 2002c). La elección de este tipo de liderazgo permite liberar las capacidades de los individuos lo que incrementa el nivel de satisfacción con el puesto de trabajo (Heyden et al., 2016; Hutchins, 1984). El Sistema Organizacional requiere que se demuestre que la mejora es necesaria, se identifique el proyecto de mejora y se organice el apoyo a dicho proyecto. Como consecuencia, inicia un ciclo de evaluación interna grupal (10) que genera un Modelado Social del problema para diagnosticar las causas subyacentes de la no conformidad o del punto de mejora detectado (11). La perseverancia de los individuos (K4) y el uso de la lógica permite el surgimiento de remedios para poder superar las causas de la no conformidad o punto de mejora detectado (12) surgiendo el consenso de experimentar una determinada mejora en el proceso (13) como se muestra en la Figura 14.

Figura 14

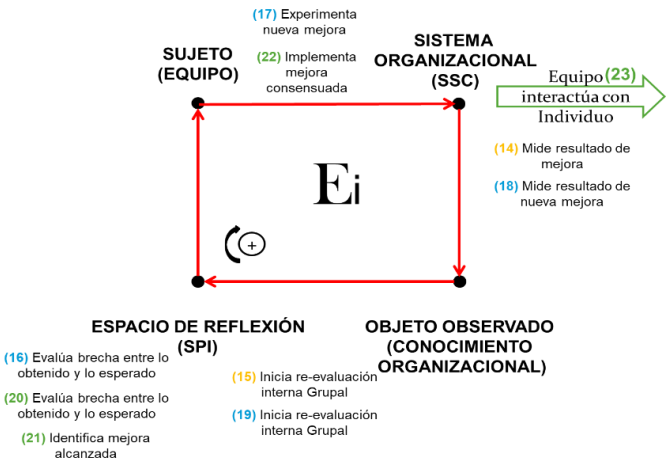
Etapa inicial de Hacer (D) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por la interacción del individuo con el equipo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



El Sistema Organizacional requiere que se pruebe que la solución propuesta sea eficaz para lo que se debe medir el resultado de la mejora obtenida en el proceso y determinar la brecha entre lo obtenido y lo esperado (14). Esto ayuda a asegurar que las ideas en sí mismas y no la gente que la sugirió sea el blanco de los comentarios y/o criticismo del Equipo de Trabajo (Hutchins, 1984). El Equipo de Mejora inicia un ciclo de re-evaluación interna grupal (15) en el Espacio de Reflexión. Se busca profundizar la evaluación grupal y se evalúa la brecha entre lo obtenido y lo esperado (16). El Sujeto (Equipo de Mejora) halla nuevo consenso para experimentar una nueva propuesta de mejora en el proceso (17) para dar respuesta al requerimiento del Sistema Organizacional de que se pruebe que la solución propuesta es eficaz para lo que se debe medir nuevamente el resultado de la mejora obtenida en el proceso y determinar la brecha entre lo obtenido y lo esperado (18). El Equipo de Mejora inicia nuevamente un ciclo de re-evaluación interna grupal (19) en el Espacio de Reflexión. Se profundiza nuevamente la evaluación grupal y se evalúa la brecha entre lo obtenido y lo esperado (20) identificando la mejora buscada al proceso (21) (Figura 15).

Figura 15

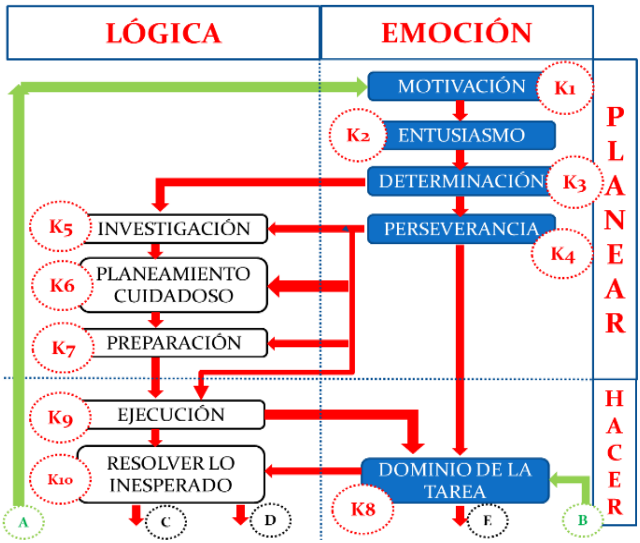
Etapa final de Hacer (D) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por la interacción del individuo con el equipo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



El Equipo de Mejora implementa la mejora consensuada (K9) al proceso a través de un planeamiento detallado (K6) y una preparación exhaustiva (K7) impulsados por la perseverancia de los individuos (K4) para enfrentar lo inesperado (K10) y alcanzar el punto de mejora (22) (Kondo et al., 1991). Ahora el Equipo de Mejora interactúa con el Individuo (23) iniciando un ciclo de búsqueda de mejora organizacional a nivel Grupo – Individuo (Figura 16). La Figura 17 muestra el sentido de propagación del cambio y del feedback entre individuo y equipo de trabajo.

Figura 16

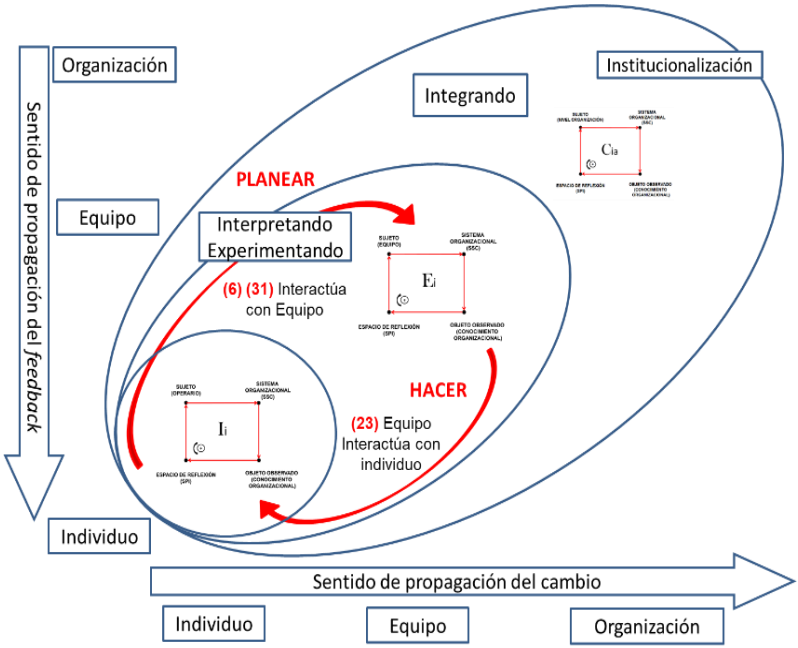
Identificación de los estados emocionales y lógicos en la etapa de Planear y Hacer desde el enfoque de Kondo del ciclo de mejora continua PDCA



Nota. Adaptado de Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., et al. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management [Ohanashi Motivation]* (J. H. Loftus, Trans. 1st ed.). Tokyo, Japan: 3A Corporation

Figura 17

Etapa de Hacer (H) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por el individuo desde la perspectiva del Aprendizaje Organizacional



Nota. Adaptado de Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2020). El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión. En D. R. Salatino; L. E. Gómez & G. A. Cuadrado (Eds.), *Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva III – Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería* (1st ed., Vol. 1, pp. 311-330*).* Universidad Tecnológica Nacional.

.

Comprobar y Actuar

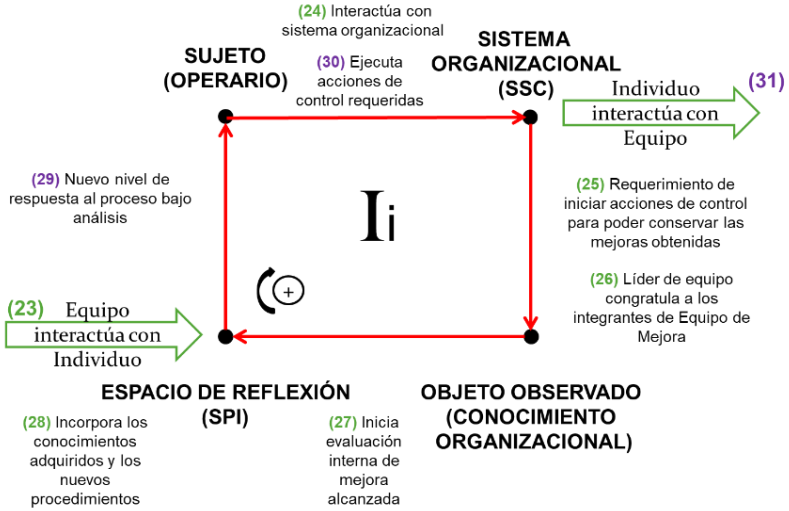
Estas etapas requieren evaluar el grado de no conformidad del producto o servicio resultante de dicho proceso al comparar el comportamiento real del producto o servicio con los objetivos planteados y luego actuar en base a las diferencias (K11). Al salir

del nivel grupal, ahora el Sujeto (Operario) continúa su interacción con la organización (24) la que ahora requiere iniciar acciones de control para poder conservar las mejoras obtenidas (25) y su posterior incorporación al Conocimiento Organizacional (Objeto Observado). El líder de equipo congratula a los integrantes de Equipo de Mejora por el logro alcanzado (26). El Sujeto (Operario) inicia una evaluación interna de la mejora alcanzada (27) que lo lleva a un estadio de incorporar los conocimientos adquiridos y los nuevos procedimientos. Esto requiere *retener* entendido como transformar la información de un evento para su representación en la memoria del observador como reglas o conceptos expresados en forma de imágenes o construcciones verbales. De igual forma requiere *producir* entendido como la conversión de representaciones simbólicas en acciones o un nuevo conjunto de reglas para interactuar con el contexto para poder *interpretar* los datos del mismo (28). Al salir de este estadio, impulsado por su dominio o maestría del área de trabajo (K8), con un nuevo nivel de respuesta al proceso bajo análisis (29), ejecuta las acciones de control requeridas (K9) para conservar la mejora del proceso alcanzada y está atento a cualquier evento inesperado que pudiera suceder (30) y avanza hacia un nuevo nivel de integración a nivel grupal en un nuevo ciclo de interacción con el Equipo de Mejora (31) (Figura 18).

Se entiende por actuar el implementar las reformas necesarias cuando los resultados no son los originalmente planeados. Más importante que estar informado e indicar un problema en el proceso "es decidir qué acciones se deben realizar si una situación anormal se presenta para evitar su recurrencia" (Shingo, 1989, p. xxii). Para ello inicia acciones para poder lograr consenso en la construcción de indicadores del proceso bajo control y la medición de los mismos (Conversación) y en la interpretación de la diferencia con lo esperado y las acciones correctivas a implementar (Modelado Social) (32). Definido el aspecto del proceso a controlar, el Equipo de Mejora define los indicadores del proceso al establecer las unidades de medición y fijar las normas de desempeño esperadas del proceso bajo análisis (33).

Figura 18

Etapa de Controlar (C) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por la interacción del individuo con el equipo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

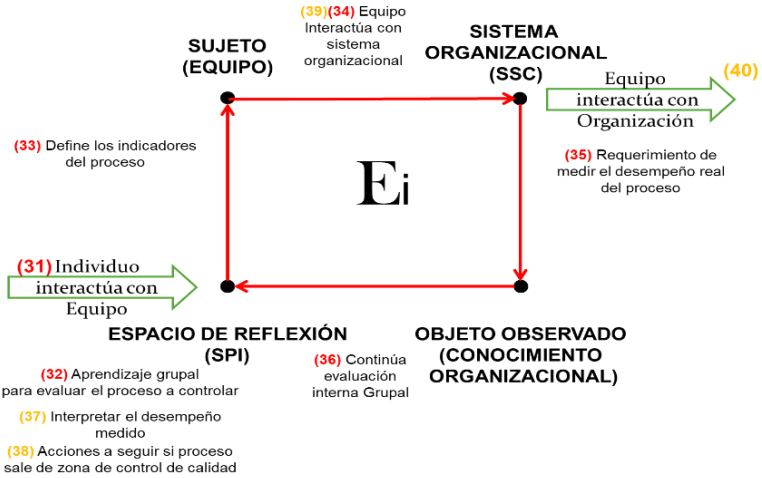


El Equipo de Mejora continua su interacción con la organización (34) donde el proceso a controlar requiere medir el desempeño real del mismo (35). Los integrantes del Equipo de Mejora enfocan el análisis de proceso en forma rutinaria (K12) haciendo uso de su nivel de receptividad del contexto (K13) para poder enfrentar cualquier desviación o problema en el proceso (K11). Si esto sucediere, la lógica impulsaría el reflexionar y rever la situación (K14) para poder resolver el problema (K15) adoptando una actitud de alta adaptabilidad a la situación (K16). Por ello continúa la evaluación interna grupal (36) y las acciones en el Espacio de Reflexión para interpretar el desempeño medido (37) y definir las acciones a seguir si el proceso sale de la zona original de control de calidad (38). La reflexión y revisión lógica de la situación (K14) permitirán establecer acciones de prevención (K18) (K19) para evitar su nueva aparición. El logro del control del proceso (K20) permite incrementar el dominio o maestría del área de trabajo (K21 – K8) por los integrantes del Equipo de Mejora lo que genera un lazo positivo de realimentación incrementando el nivel de motivación de los mismos (K1) (Kondo, 2002d). Esto lleva al Equipo

de Mejora a iniciar una etapa de integración a nivel organizacional (39) y su consecuente interacción con el sistema organizacional (40) como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

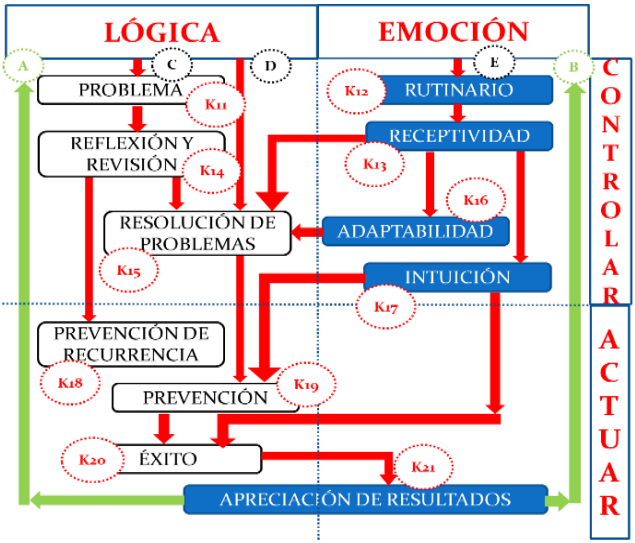
Etapa inicial de Actuar (A) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por la interacción del individuo con el equipo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



En esta etapa de Control del Ciclo de Mejora Continua, el Sujeto sigue alternando entre sus estados lógicos y emocionales como lo postula Kondo (Figura 20). Finalmente, a nivel organizacional surge el proceso de aprendizaje identificado como institucionalizar definido como el proceso de asegurar que las acciones rutinarias ocurran ya que el aprendizaje de los individuos y grupos es asimilado en la organización a través de procedimientos, estructuras, sistemas y estrategia (Crossan et al., 1999). Luego de alcanzar la mejora en el proceso en forma consensuada y probada su eficacia (K20), la búsqueda de la excelencia organizacional lleva a un proceso de sistematización de dicha mejora a través de diferentes mecanismos como procedimientos rutinarios, sistemas de diagnóstico y/o conjunto de reglas y procedimientos (Crossan et al., 1999).

Figura 20

Identificación de los estados emocionales y lógicos en las etapas de Controlar y Actuar desde el enfoque de Kondo del ciclo de mejora continua PDCA



Nota. Adaptado de Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., et al. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management [Ohanashi Motivation]* (J. H. Loftus, Trans. 1st Ed.). Tokyo, Japan: 3A Corporation

Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Grupo interactúa con la Organización (40) la cual inicia un proceso de Integración (41) en el Espacio de Reflexión (SPI) Ahora el Sujeto (Organización) presenta la nueva normativa o procedimiento actualizado para desarrollar el proceso bajo análisis (42) al Sistema Organizacional (SSC) para poder dar respuesta consensuada al requerimiento de desarrollar procesos para producir productos o servicios requeridos por los clientes (43) y poder integrarlo al Conocimiento Organizacional (Objeto Observado). En consecuencia, se inicia una evaluación interna organizacional (44) que continúa el proceso de Integración del conocimiento (45) en el Espacio de Reflexión (SPI) y compara las salidas del proceso con las especificaciones a alcanzar (46). Si existe consenso a nivel de la Alta Dirección, el

resultado es el apoyo a una forma mejorada de ejecutar un proceso (47) por lo que la nueva normativa es aceptada (48) (Kondo, 1990a). Esta nueva forma de ejecutar un proceso que permite reducir el número de productos no conformes y/o los costos de producción es integrada al sistema organizacional como parte del Conocimiento Organizacional (49) y se inicia la Institucionalización del aprendizaje producido que se refleja en la nueva versión del Manual de Procedimientos correspondiente (50). En este punto, la Organización define el Sistema de Entrenamiento, Comunicación, Motivación y Evaluación del cumplimiento de dicha normativa en todos los niveles organizacionales (51). Como consecuencia, se inicia un proceso TOP – DOWN (Heyden et al., 2016) de difusión del conocimiento (52) (53) a través de la interacción de la Organización con los diferentes Grupos e Individuos (54) como se muestra en la Figura 21 en términos del modelo de estados postulado por la LT para el campo social. La Figura 22 muestra el sentido de propagación del cambio y del feedback en la etapa de Controlar y Actuar del Ciclo de Mejora Continua desarrollado por la organización.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Ciclo de Mejora Continua permite establecer una secuencia de acciones para poder implementar en forma institucionalizada un proceso de reducción del número de bienes no conformes a especificaciones en la producción de bienes y servicios. Como primera conclusión, el análisis a través de la LT da soporte al enfoque motivacional del Ciclo de Mejora Continua propuesto por Kondo. La identificación y estimulación de dichos factores motivacionales por parte del nivel de Supervisores en la organización son acciones necesarias para una implementación exitosa de la secuencia de etapas que conforman el Ciclo de Mejora Continua. Dichos factores no se hallan listados, en el modelo propuesto por Shigeru Mizuno y mejorado por Kaoru Ishikawa, como parte de la secuencia de acciones para implementarla, pero si como un factor necesario en un sistema de gestión de la calidad. El modelo planteado por el Dr. Yoshio Kondo, uno de los principales impulsores de la calidad en el sector industrial en Japón, muestra en un modelo secuencial lineal en forma detallada la interacción

entre las acciones lógicas en un proceso de mejora continua y los factores motivacionales y emocionales presentes en los individuos que lo realizan (Kondo et al., 1991). El análisis a través de la LT permite visualizar en un proceso circular secuencial la interacción entre dichos elementos.

Figura 21

Etapa final de Actuar (A) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por la interacción del individuo con el equipo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

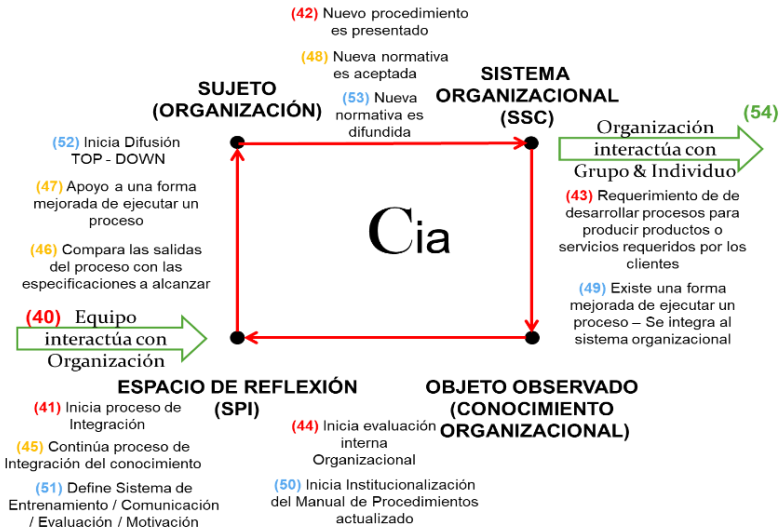
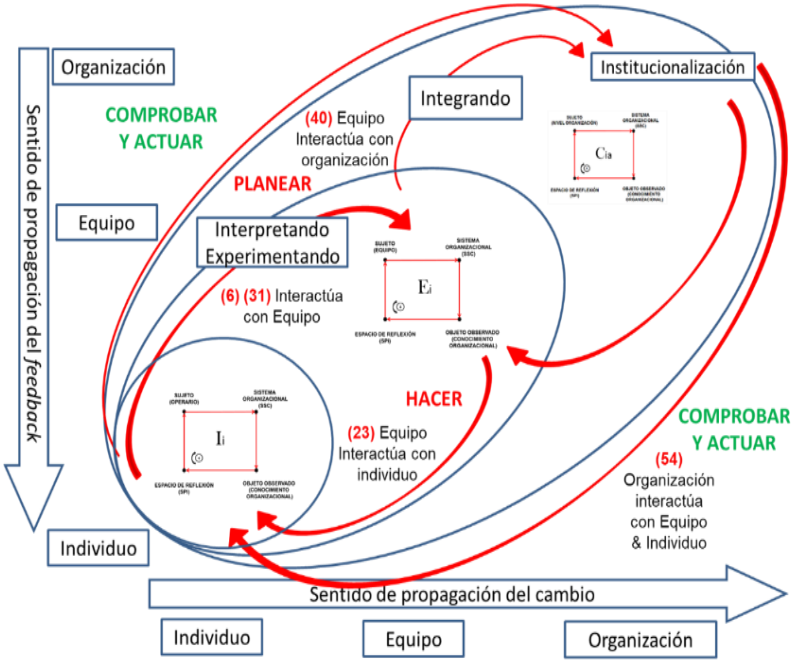


Figura 22

Sentido de propagación del cambio y del feedback en la etapa de Controlar (C) y Actuar (A) en el ciclo de Mejora Continua PDCA iniciada por el individuo desde la perspectiva del Aprendizaje Organizacional



Nota. Adaptado de Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2020). El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión. En D. R. Salatino; L. E. Gómez & G. A. Cuadrado (Eds.), *Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva III – Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería* (1st ed., Vol. 1, pp. 311-330*)*. Universidad Tecnológica Nacional.

Como segunda conclusión se halla que la conducción de los equipos de trabajo requiere capacidades de liderazgo por parte de los supervisores. El núcleo del establecimiento de la cultura de calidad se construyó alrededor del individuo – orgulloso de su trabajo – y la integración del mismo en equipos de trabajo liderados

por un supervisor o jefe del área de producción con dominio de estadística básica, técnicas de resolución de problemas y habilidades probadas de liderazgo de equipos de trabajo de alto rendimiento (Hutchins, 1984). Esto agrega una dimensión olvidada en la formación tradicional del personal en el área de manufactura y en el nivel de mandos medios.

Como tercera conclusión, surge el papel de la alta dirección para crear una cultura sustentada en el trabajo en equipo, liderazgo de los mandos medios, pensamiento crítico de los operarios y el orgullo y satisfacción del trabajo bien realizado (Liker & Convis, 2011). Esto confirma lo enunciado por Juran sobre la necesidad de que la alta dirección ejerza un liderazgo positivo asumiendo el control de la función calidad de la organización. De igual forma, Juran advierte sobre la experiencia limitada en calidad así como la falta de entrenamiento en dicha área de la alta dirección como unos de los principales obstáculos para alcanzar calidad como una ventaja competitiva sustentable (Juran, 1986). Para alcanzar este nivel de liderazgo, Juran propone la creación de diversas instrumentos de gestión tales como el Programa Anual de Calidad; una estructura organizacional que provea la inserción de la función de calidad; y la medición de los indicadores de calidad respecto de los objetivos planeados (Godfrey, 1998; Juran, 1974).

Finalmente, como cuarta conclusión se halla que las etapas del Ciclo de Mejora Continua son equivalentes a las etapas de Aprendizaje Organizacional lo que da sustento a la Teoría de la Organización Inteligente propuesta por Peter Senge en 1990. El aprendizaje organizacional (AO) es un campo de investigación académica y práctica profesional con un desarrollo relativamente reciente concentrado en el análisis de los procesos relacionados con el aprendizaje individual y colectivo en las organizaciones (Tsang, 1997). El concepto de aprendizaje organizacional es presentado por Cyart y March (1963) como parte del modelo desarrollado del proceso de decisión en las organizaciones cuando afirman que las compañías aprenden de la experiencia con la intención de adaptarse a las condiciones del medio ambiente (Cyert & March, 1963). Desde diversas perspectivas existe una convergencia en considerar que “el aprendizaje organizacional es el conjunto de actividades y procesos por los cuales una organización eventualmente alcanza el ideal de una organización

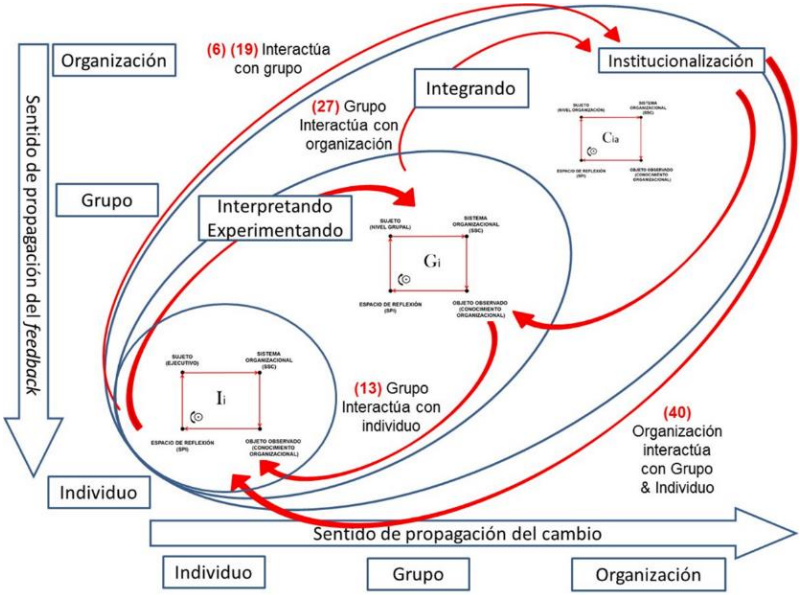
que aprende" (Caldwell, 2012; Chatterjee, 2011; Finge & Brand, 1999, p. 136; Senge et al., 2000). Los diversos modelos coinciden en identificar como etapas del aprendizaje organizacional (1) el aprendizaje de la experiencia pasada, (2) la adquisición de conocimiento, (3) el procesamiento en un nivel organizacional diferente, (4) identificar y corregir los problemas, y (5) el cambio a nivel organizacional. Una organización que aprende a actuar de manera eficiente, se adapta fácilmente al cambio, detecta y corrige los errores y mejora continuamente sus procesos de decisión y el logro de sus objetivos (Argyris & Schön, 1995; Silins et al., 2002). Zietsma, et al. (2002) desarrollan el Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional (Zietsma et al., 2002) como una mejora al modelo basado en la Teoría de Aprendizaje Multinivel (Crossan et al., 1999) como se muestra en la Figura 23.

Este Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional se ha aplicado a diferentes tipos de organizaciones, incluso las de educación superior (Anzoise et al., 2016; Castaneda & Rios, 2007). Este modelo identifica tres niveles de aprendizaje: 1) individuo; 2) grupo; y 3) la organización y sus diferentes rutas de integración que van desde el individuo a la organización y de la organización al individuo (Anzoise & Scaraffia, 2019) ya que el aprendizaje individual aislado no garantiza el aprendizaje organizacional al ser necesario un proceso de transferencia entre todos los integrantes de la organización para institucionalizar el conocimiento generado (Senge, 1998; Senge et al., 2000).

De igual forma, con las mismas acciones identificadas en el proceso de Aprendizaje Organizacional (Figura 13), este análisis permite visualizar la ruta de integración y de realimentación entre el individuo y el grupo a través de acciones como el *modelado social* (valoración del nivel de aceptación de las propuestas de mejora del proceso para reducir los costos operacionales y/o el número de productos no conformes a especificaciones antes de adoptarlas); la *conversación* (obtener información concreta de resultados observables del proceso y la búsqueda de información para identificar las causas del problema utilizando el método científico a partir de la observación antes de adoptar la mejora propuesta); la *interpretación* (valoración del nivel de aceptación de las propuestas de mejora del proceso antes de adoptarlas) y la *experimentación* (determinar la posibilidad de probar la propuesta de mejora para

verificar la relación causa – efecto antes de adoptarla). De igual forma permite visualizar la ruta de *integración* y de *realimentación* entre el grupo y la organización a través de acciones como la integración del conocimiento a nivel de individuo y de grupo (procedimientos donde se aplican las mejoras del proceso); y la *institucionalización* del conocimiento organizacional (normas que hacen mandatorio el uso de las mejoras del proceso identificadas).

Figura 23
Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



Nota. Reproducido de Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2020). El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión. En D. R. Salatino; L. E. Gómez & G. A. Cuadrado (Eds.), Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva III – Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería *(1st ed., Vol. 1, pp. 311-330*). *Universidad Tecnológica Nacional.*

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realiza en el marco del Proyecto de Investigación TOUTNME0007636 – *Identificación del modelo de costos de la calidad en el sector vitivinícola. El caso de bodegas cooperativas y privadas en la Provincia de Mendoza* financiado por la Universidad Tecnológica Nacional.

REFERENCIAS

Ahmad, N., Lequiller, F., Marianna, P., Pilat, D., Schreyer, P., & Wölf, A. (2003). *Comparing growth in GDP and labour productivity: measurement issues*. (OECD Statistics Brief, Issue. S. D. o. t. OECD. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) https://www.oecd.org/sdd/22413472.pdf

Anzoise, E., González, C., Bertoni, J. J., & Scaraffia, C. A. (2021, 24/08/2021). Six Sigma y Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de Bodega Chandon en Mendoza. XIVº CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - COINI 2021, CABA, Buenos Aires.

Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2019, octubre 17, 2019). El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión. Foro sobre Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería, Mendoza, Argentina.

Anzoise, E., Scaraffia, C., & Curadelli, S. (2016, octubre 20 y 21, 2016). Modelos de decisión en el Aprendizaje Organizacional en la Educación Superior. IV Congreso Internacional ECEFI 2016 - Cuarto Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería: ECEFI 2016, Mendoza, Argentina.

Anzoise, E., Talquenca, L., Bertoni, J. J., & Scaraffia, C. A. (2020, 24/08/2021). Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de una bodega cooperativa de segundo orden en Mendoza. XIIIº CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - COINI 2020, CABA, Buenos Aires.

Argyris, C. (1991). Teaching Smart People how to Learn. *Harvard Business Review*(Mayo - Junio 1991), 99 - 109.

Argyris, C., & Schön, D. A. (1995). *Organizational Learning II: Theory, Method, and Practice* (1st ed.). Addison-Wesley.

Autor, D., Mindell, D., & Reynolds, E. (2020). *The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines*. (MIT Task Force on the Work of the Future, Issue. M. I. o. Technology. Massachusetts Institute of Technology. https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/2020-Final-Report4.pdf

Baldwin, J., & Yan, B. (2021). Globalization, Productivity Performance, and the Transformation of the Production Process. *The Scandinavian Journal of Economics, 123*(4), 1088-1115. https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/sjoe.12454

Burke, M. J., Brief, A. P., & George, J. M. (1993). The role of negative affectivity in understanding relations between self-reports of stressors and strains: A

comment on the applied psychology literature. *Journal of Applied Psychology, 78*, 402-412.
Caldwell, R. (2012). Systems Thinking, Organizational Change and Agency: A Practice Theory. Critique of Senge's Learning Organization. *Journal of Change Management*, 1-20.
Castaneda, D. I., & Rios, M. F. (2007). From Individual Learning to Organizational Learning. *The Electronic Journal of Knowledge Management, 5*(4), 363 - 372.
Corbett, C. J., Montes-Sancho, M. J., & Kirsch, D. A. (2005). The Financial Impact of ISO 9000 Certification in the United States: An Empirical Analysis. *Management Science, 51*(7), 1046-1059. https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0358
Crossan, M. M., Lane, H. W., & White, R. E. (1999). An Organizational Learning Framework: From Intuition to Institution. *The Academy of Management Review, 24*(3), 522-537. https://doi.org/10.2307/259140
Cunningham, C., Foster, L., Grim, C., Haltiwanger, J., Pabilonia, S. W., Stewart, J., & Wolf, Z. (2022). Dispersion in Dispersion: Measuring Establishment-Level Differences in Productivity. *The Review of Income and Wealth*. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/roiw.12616
Curkovic, S., Melnyk, S., Calantone, R., & Handfield, R. (2000). Validating the Malcolm Baldrige National Quality Award Framework through structural equation modelling. *International Journal of Production Research, 38*(4), 765-791. https://doi.org/ https://doi.org/10.1080/002075400189149
Cyert, R. M., & March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm* (1st ed.). Prentice Hall.
Chatterjee, S. (2011). Organizational Learning and Learning Organization: A Critical Review – A Paradox. *Asian Journal Of Computer Science And Information Technology, 1*(3), 64 -70.
Deming, W. E. (1982). *Out of the Crisis* (1st ed.). Massachussetts Institute of Technology.
Dieppe, A., Francis, N., & Kindberg-Hanlon, G. (2021). Productivity: Technology, Demand, and Employment Trade-Offs. In A. Dieppe (Ed.), *Global Productivity: Trends, Drivers, and Policies* (1st ed., Vol. 1, pp. 361-402). International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1608-6
Dieppe, A., Kawamoto, A., Okawa, Y., Okou, C., & Temple, J. (2021). What Explains Productivity Growth. In A. Dieppe (Ed.), *Global Productivity: Trends, Drivers, and Policies* (1st ed., Vol. 1, pp. 83-140). International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1608-6
Early, J. F., & Coletti, O. J. (1998). The Quality Planning Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (5th ed., pp. 44-93). McGraw-Hill.
Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review, 105*(10), 3150-3182. https://doi.org/10.1257/aer.20130954
Finge, M., & Brand, S. B. (1999). The Concept of the 'Learning Organization' Applied to the Transformation of the Public Sector: Conceptual Contributions for Theory Development. In M. Easterby-Smith, L. Araujo, &

J. Burgoyne (Eds.), *Organizational Learning and the Learning Organization* (pp. 130-156). Sage. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4135/9781446218297.n8

Forgas, J. P. (1992). Affect in social judgments and decisions: A multiprocess mode. In M. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology*. Academic Press.

Forgas, J. P., Bower, G. H., & Moylan, S. J. (1990). Praise or blame? Affective influences on attributions for achievement. *Journal of Personality and Social Psychology, 59*, 809-819.

Frank, C., & Chapman, R. E. (1995). QUEST FOR EXCELLENCE VII Washington, DC February 6-8, 1995. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, 100*(3), 287-299. https://doi.org/10.6028/jres.100.022

Freeman, D., Inklaar, R., & Diewert, W. E. (2022). Natural Resources and Missing Inputs in International Productivity Comparisons. *The Review of Income and Wealth*. https://doi.org/10.1111/roiw.12451

George, J. M., & Bettenhausen, K. (1990). Understanding prosocial behavior, sales performance, and turnover: A group level analysis in a service context. *Journal of Applied Psychology, 75*, 698-709.

George, J. M., & Brief, A. P. (1992). Feeling good-doing good: A conceptual analysis of the mood at work-organizational spontaneity relationship. *Psychological Bulletin, 112*(2), 310-329.

George, J. M., & Brief, A. P. (1996). Motivational agendas in the workplace: The effects of feelings on focus of attention and work motivation. In B. M. Staw & L. L. Cummings (Eds.), *Research in Organizational Behavior* (Vol. 18, pp. 75-109). JAI Press.

George, J. M., Brief, A. P., Webster, J., & Burke, M. J. (1989). Incentive Compensation as an Injurious Condition of Work: A Study of Labelling. *Journal of Organizational Behavior, 10*(2), 155-167.

Global Change Data Lab. (2019a). *Real GDP per capita, 1950 to 2019*.

Global Change Data Lab. (2019b). *TFP is measured relative to each country's TFP in 2017, 1954 to 2019*.

Godfrey, A. B. (1998). Total Quality Management. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (pp. 386-421). McGraw-Hill.

Gu, W., & Yan, B. (2017). Productivity Growth and International Competitiveness. *The Review of Income and Wealth, 63*(s1), 20. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/roiw.12254

Helms Marilyn, M. (1996). Perspectives on quality and productivity for competitive advantage. *The TQM Magazine, 8*(3), 5-10. https://doi.org/10.1108/09544789610118403

Heyden, M. L. M., Fourné, S. P. L., Koene, B. A. S., Werkman, R., & Ansari, S. (2016). Rethinking 'Top-Down' and 'Bottom-Up' Roles of Top and Middle Managers in Organizational Change: Implications for Employee Support. *Journal of Management Studies, 54*(7). https://doi.org/10.1111/joms.12258

Hodgson, G. M. (2013). Understanding Organizational Evolution: Toward a Research Agenda using Generalized Darwinism. *Organization Studies (OS), 34*(7), 973-992. https://doi.org/10.1177/0170840613485855

Hradesky, J. L. (1988). *Productivity and Quality Improvement. A Practical Guide to Implementing Statistical Process Control*. McGraw-Hill Book Company.
Hutchins, D. (1984). How Quality Goes Round in Circles. In N. Sasaki & D. Hutchins (Eds.), *The Japanese Approach to Product Quality. Its Applicability to the West* (pp. 27-32). Pergamon. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-028160-5.50017-5
Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* (1st Edition ed.). McGraw-Hill Publishing Company.
Isen, A. M., & Baron, R. A. (1991). Positive affect as a factor in organizational behavior. In B. M. Staw & L. L. Cummings (Eds.), *Research in Organizational Behavior* (Vol. 13, pp. 1-54). JAI Press.
Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa.* (D. J. Lu & M. Cárdenas, Trans.). Grupo editorial Norma. (What is total quality control? The japanese way)
Ishikawa, K. (1997). *Introducción al Control de Calidad* (J. N. Medina, Trans.). Diaz de Santos. (Introduction to Quality Control)
Ito, K., & Shimizu, J. (2015). Industry-Level Competitiveness, Productivity and Effective Exchange Rates in East Asi. *Asian Economic Journal, 29*(2), 181-214. https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/asej.12054
Javorcik, B., & Sawada, N. (2018). The ISO 9000 certification: Little pain, big gain? *European Economic Review, 105*(June 2018), 103-114. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2018.03.005
Juran, J. M. (1974). Upper Management and Quality. In J. M. Juran, F. M. Gryna, & R. S. Bingham (Eds.), *Quality Control Handbook* (3rd ed., pp. 1755). McGraw Hill Higher Education.
Juran, J. M. (1986, May 20, 1986). *The Quality Trilogy. A Universal Approach to Managing for Quality* ASQC 40th Annual Quality Congress Anaheim, California. https://statmodeling.stat.columbia.edu/wp-content/uploads/2017/10/Juran-trilogy-1986.pdf
Katz, J., & Stumpo, G. (2001). Sectoral regimes, productivity and international competitiveness. *CEPAL Review*(75), 22. https://doi.org/http://hdl.handle.net/11362/37883
Kolesar, P. J. (1994). What Deming Told the Japanese in 1950. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL, 2*(1), 9-24. https://doi.org/10.1080/10686967.1994.11918672
Kolesar, P. J. (2008). Juran's Lectures to Japanese Executives in 1954: A Perspective and Some Contemporary Lessons. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL, 15*(3), 6.
Kondo, Y. (1990a). Emphases of Japanese total quality management in the 1980s. *Total Quality Management, 1*(1), 23-32. https://doi.org/ DOI: 10.1080/09544129000000003
Kondo, Y. (1990b). Key points in quality control training courses for managers. *Total Quality Management, 1*(3), 309-318. https://doi.org/DOI: 10.1080/09544129000000039
Kondo, Y. (1999). Quality and humanity. *The TQM Magazine, 11*(6), 384-388.
Kondo, Y. (2000). Innovation versus standardization. *The TQM Magazine, 12*(1), 6-10.
Kondo, Y. (2002a). Customer satisfaction: How can I measure it? *Total Quality Management, 12*(7 & 8), 867- 872.

Kondo, Y. (2002b). Keeping the "dream" in mind is indispensable for successful leadership. *Managing Service Quality, 12*(3), 146-150.
Kondo, Y. (2002c). The Line-up of Leadership. *The TQM Magazine, 14*(6), 339-344. https://doi.org/10.1108/09544780210447438
Kondo, Y. (2002d). Quality is the center of integrated management. *Managerial Auditing Journal, 17*(6), 298 - 303. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/02686900210434069
Kondo, Y. (2003). Quality in the present and future decades. *AI & SOCIETY. Journal of Knowledge, Culture and Communication, 2003*(17), 71-77. https://doi.org/10.1007/s00146-003-0251-4
Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., Michiura, T., & Munechika, M. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management* (J. H. Loftus, Trans.; 1st ed.). 3A Corporation. (Ohanashi Motivation (1989) published by the Japanese Standards Association)
Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2012). *Administración. Una perspectiva global y empresarial* (M. J. H. D. y. M. O. Staines, Trans.; 14va ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
Krishnan, M. S., Kriebel, C. H., Kekre, S., & Mukhopadhyay, T. (2000). An Empirical Analysis of Productivity and Quality in Software Products. *Management Science, 46*(6). https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.46.6.745.11941
Krugman, P. (1997). *The Age of Diminished Expectations. U.S. Economic Policy in the 1990s* (3rd Edition ed., Vol. 1). The MIT Press.
Latzko, W. J., & Saunders, D. M. (1995). *Four Days with Dr. Deming: A Strategy for Modern Methods of Management* (1st ed.). Addison-Wesley Publishing Company.
Lee, F. C., & Tang, J. (2001). Productivity Levels and International Competitiveness between Canada and the United States. In D. W. Jorgenson & F. C. Lee (Eds.), *Industry-level Productivity and International Competitiveness between Canada and the United States* (Vol. 1, pp. 155-180). Industry Canada Research Publications Program
Liker, J. (2021). *The Toyota Way, Second Edition: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
Liker, J., & Convis, G. L. (2011). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence through Leadership Development* (1st ed.) [Edición Kindle]. McGraw-Hill Education.
Loa, C. K. Y., Wiengarten, F., Humphreys, P., Yeung, A. C. L., & Cheng, T. C. E. (2013). The impact of contextual factors on the efficacy of ISO 9000 adoption. *Journal of Operations Management, 31*(5), 229-235. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jom.2013.04.002
McCracken, M. J., & Kaynak, H. (1996). An Empirical Investigation of the Relationship between Quality and Productivity. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL, 3*(2), 36-51. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10686967.1996.11918726
Mizuno, S. (1989, Jul/Aug 1989). Expectations for Quality Control Leaders in Japan. *Societâs Quâlitâtis*, *3*(3), 8.
Mizuno, S. (1992). *Company-Wide Total Quality Control* (J. F.-R. Centre, Trans.). Asian Productivity Organization. (ZENSHA SOGO HINSHITSU KANRI)

Nasuha, N., & Zuki, M. (2017). *A Study on the Impacts of ISO 9000 Certification on Firm's Financial Performance in Malaysia*.

Nicholson, N., & White, R. (2006). Darwinism-A new paradigm for organizational behavior? *Journal of Organizational Behavior, 27*(2 - Special Issue: Darwinian Perspectives on Behavior in Organizations), 111-119. https://doi.org/ 10.1002/job.345

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003a). *OECD Economic Outlook*. P. OECD Publishing. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-2_eco_outlook-v2003-2-en

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003b). *OECD Economic Outlook*. P. OECD Publishing. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-1_eco_outlook-v2003-1-en

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). *OECD Regions at a Glance 2009*. P. OECD Publishing. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2016). *OECD Regional Outlook 2016. Productive Regions for Inclusive Societies*. P. OECD Publishing. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2017). *Measuring Productivity. Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*. (OECD Science, Technology and Industry Working Papers, Issue. O. Publications. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). *OECD Regional Outlook 2019. Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas*. P. OECD Publishing. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2021). *OECD Compendium of Productivity Indicators*. O. Publishing. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/oecd-compendium-of-productivity-indicators_f25cdb25-en

Peterson, R., & Barker, M. (1992). Company Wide Quality Control in Japan: Implications for Western Management Practices. *Policy, Organisation and Society, 4*(1), 83-91. https://doi.org/10.1080/10349952.1991.11876772

PwC Argentina. (2019). *Expectativas 2019. Pymes en Argentina. 6° Encuesta a Pymes de PwC Argentina*. (Encuesta a Pymes de PwC Argentina, Issue. P. Argentina. PwC Argentina. https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/assets/expectativas-pymes-2019.pdf

PwC Argentina. (2022). *Expectativas 2021. Pymes en Argentina. 8° Encuesta a Pymes de PwC Argentina*. (Encuesta a Pymes de PwC Argentina, Issue. P. Argentina. PwC Argentina.

https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/assets/expectativas-pymes-2021.pdf
Roser, C. (2016). *Faster, Better, Cheaper in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond*. Taylor & Francis Inc.
Ruch, W. A. (1994). Measuring and Managing Individual Productivity. In D. H. Harris (Ed.), *Organizational Linkages. Understanding the Productivity Paradox* (1st ed., pp. 321). National Academy Press.
S. M. Lee, B.-H. R. S.-G. L. (2003). Impact of Malcolm Baldrige National Quality Award Criteria on organizational quality performance. *International Journal of Production Research, 41*(9), 2003-2020. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0020754031000077329
Saito, M., & Tokutsu, I. (1992). An International Comparison of the Multisectorial Production Structure of the United States, West Germany, and Japan. In B. G. Hickman (Ed.), *International Productivity and Competitiveness* (1st ed., Vol. 1, pp. 177-202). Oxford University Press, Inc.
Salatino Cuccia, D. R. (2017a). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. *International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(2), 18.
Salatino Cuccia, D. R. (2017b). *Tratado de lógica transcursiva : origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva* (1st ed.).
Senge, P. M. (1998). *La quinta disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* (C. Gardini, Trans.). Ediciones Granica, S.A.
Senge, P. M., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R., Roth, G., & Smith, B. (2000). *La danza del cambio: Los retos de sostener el impulso en organizaciones abiertas al aprendizaje*. Editorial Norma.
Sergent, D. (2013, 09/07/2013). *A History of Deming, the Red Bead Experiment and Lean. The Scientific Method Applied to Management and Leadership* Michigan Lean Consortium Learning Program, Michigan. http://michiganlean.org/Resources/Documents/MLC%20History%20of%20Deming%20_%20Red%20Bead%20Experiment.pdf
Sharpe, A. (2002). Productivity Concepts and Trends. In K. Banting, A. Sharpe, & F. St-Hilaire (Eds.), *The Review of Economic Performance and Social Progress. Towards a Social Understanding of Productivity* (1st ed., Vol. 2, pp. 28). McGill-Queen's University Press.
Shetty, Y. K. (1993). The quest for quality excellence: lessons from the Malcolm Baldrige Quality Award. *SAM Advanced Management Journal, 58*(2).
Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint* (A. P. Dillon, Trans.). Productivity Press.
Silins, H., Zarins, S., & Mulford, B. (2002). What Characteristics and Processes Define a School as a Learning Organisation? Is This a Useful Concept To Apply to Schools? *International Education Journal, 3*(1), 11.
Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review, 77*(5), 96-106.
Stevenson, W. J. (2018). *Operation Management* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
Tsang, E. (1997). Organizational learning and the learning organization: a dichotomy between descriptive and prescriptive research. *Human Relations, 50*(1), 57-70.

Tzelepis, D., Tsekouras, K., Skuras, D., & Dimara, E. (2006). The effects of ISO 9001 on firms' productive efficiency. *International Journal of Operations & Production Management, 26*(10), 1146-1165. https://doi.org/DOI: 10.1108/01443570610691111

University of Groningen, & University of California at Davis. (2021a). *Total Factor Productivity at Constant National Prices for Argentina (RTFPNAARA632NRUG)*.

University of Groningen, & University of California at Davis. (2021b). *Total Factor Productivity at Constant National Prices for Japan [RTFPNAJPA632NRUG]*.

University of Groningen, & University of California at Davis. (2021c). *Total Factor Productivity at Constant National Prices for United States (RTFPNAUSA632NRUG)*.

Wilson, M. R., Porter, S. R., & Reiff, J. L. (2005). Western Electric Co. In *Dictionary of Leading Chicago Businesses (1820-2000)*. Chicago Historical Society; The Newberry Library & Northwestern University. http://www.encyclopedia.chicagohistory.org/pages/2900.html

Wölfl, A., & Hajkova, D. (2017). *Measuring Multifactor Productivity Growth* (DSTI/DOC(2007)5). (OECD Science, Technology and Industry Working Papers, Issue. T. a. I. Directorate for Science, OECD. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-multifactor-productivity-growth_246367010342

Wright, T. A., & Staw, B. M. (1999). Affect and Favorable Work Outcomes: Two Longitudinal Tests of the Happy-Productive Worker Thesis. *Journal of Organizational Behavior, 20*(1), 1-23.

Wright, W. F., & Bower, G. H. (1992). Mood effects on subjective probability assessment. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 52*, 276-291.

Yalçınkaya, Ö., Hüseyni, İ., & Çelik, A. K. (2017). The Impact of Total Factor Productivity on Economic Growth for Developed and Emerging Countries: A Second-generation Panel Data Analysis. *Margin The Journal of Applied Economic Research, 11*(4), 14. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0973801017722266

Zietsma, C., Winn, M., Branzei, O., & Vertinsky, I. (2002). The war of the woods: Facilitators and impediments of organizational learning processes. *British Journal of Management, 13*(Special Issue 2), 61-74.

* * *

TRILOGÍA DE JURAN Y APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL. IMPACTO EN LA GESTIÓN TOTAL DE CALIDAD DESDE LA PERSPECTIVA DE LA LÓGICA TRANSCURSIVA

Esteban Anzoise[1]; Cristina Scaraffia[1]

[1] Grupo IEMI, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.
eanzoise@gmail.com, cscaraffia@yahoo.com.ar, jhcuenca@frm.utn.edu.ar

Resumen: Este trabajo analiza la implementación de la Gestión Total de la Calidad en las organizaciones desde la filosofía de calidad de Joseph M. Juran. Para ello se utiliza el enfoque de la Lógica Transcursiva para analizar el proceso de institucionalización de la respuesta organizacional a procesos de mejora continua a nivel de Ejecutivos de la Alta Dirección, Equipo de Producción y Organización. La secuencia de operaciones incluidas en la Trilogía de Juran se analiza utilizando el patrón relacional sustentado por la Lógica Transcursiva denominado Patrón Autónomo Universal (PAU). Como principal conclusión, el análisis a través de la Lógica Transcursiva permite identificar los límites de la generación del Conocimiento Organizacional. Al restringir la generación del Conocimiento Organizacional a la interacción entre la Alta Dirección y el Equipo de Producción remueve al individuo de dicho ciclo, el cual es condición necesaria desde la perspectiva del Aprendizaje Organizacional. Como segunda conclusión el proceso de mejora del Planeamiento de la Calidad requiere foco en la revisión de las prioridades de los planificadores; el uso de un enfoque más estructurado para la planificación de la calidad; y el establecimiento de bases de datos disponibles para toda la organización que permitan organizar el Conocimiento Organizacional relacionado con los problemas hallados y resueltos durante el proceso de control y las acciones de mejora de los procesos. Finalmente, surge la necesidad de que la alta dirección ejerza un liderazgo positivo asumiendo el control de la función calidad de la organización y del entrenamiento de la fuerza laboral.

Palabras claves: calidad, trilogía de Juran, aprendizaje organizacional, lógica Transcursiva, mejora continua, gestión total de la calidad.

EL ENFOQUE DE CALIDAD DE JOSEPH M. JURAN

Joseph M. Juran (1904- 2008) ,al igual que Walter E. Deming, fue fuertemente influenciado por el trabajo de Walter A. Shewhart en la mejora de los procesos de producción a través del desarrollo del control industrial (Kolesar, 2008; Wilson, Porter, & Reiff, 2005). Luego de su graduación en 1924 en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Minnesota, inicia su carrera profesional en 1926 en la planta industrial Hawthorne Works de Western Electric Company ubicada en Cicero, Illinois donde es asignado al primer departamento creado de inspección estadística en la industria (Phillips-Donaldson, 2004).

En el periodo 1926 – 1945 Juran desarrolló su carrera profesional, en diversas posiciones organizacionales, en los nuevos conceptos de muestreo estadístico y las técnicas de gráficos de control en Western Electric Company y durante el periodo de guerra en la división de *Lend-Lease* (Best & Neuhauser, 2006; Juran, 2005). Juran difundió y profundizó la aplicación de los conceptos estadísticos desarrollados por Shewhart a partir de la primera edición del *Manual de Control de Calidad* publicado en 1951 (Juran, 1951) donde hace énfasis en la gestión de la calidad que debe abarcar toda la organización. Expresa que

> se debe entender que, con el objeto de resultados más eficientes del programa de control de calidad, puede ser necesario coordinar acciones con otros departamentos. Los ejecutivos responsables deben aceptar esto y planear para ello. Los supervisores de planta y de los distintos puestos de trabajo deben ser familiarizados con el programa y la importancia del control de calidad se debe “vender” a este personal ….. Una organización donde se desarrolla el control de calidad no es el resultado del esfuerzo de un solo hombre … Solamente el esfuerzo denodado de una gran cantidad de gente trabajando hacia un fin común producirá un final exitoso del dicho esfuerzo. (Juran, 1951, p. 98)

La Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros [Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE)] lo invitó para que difundiera sus

ideas sobre la gestión del a calidad y ayudara a resolver el problema del énfasis excesivo en las técnicas de control de calidad que había iniciado la difusión de dichas técnicas a través de los seminarios dictados inicialmente por Walter E. Deming y continuados por JUSE (Ishikawa, 1986).

Juran responde a dicha invitación y en 1954 inicia la capacitación de la alta gerencia y de los mandos medios explicando las funciones que les correspondían en la promoción del control de calidad (Ishikawa, 1986; Kolesar, 2008) ya que "el control de calidad estadístico impulsado principalmente por ingenieros tiene un límite" (Ishikawa, 1986, p. 22). A diferencia de Deming, que se focalizó en la formación en principios y herramientas estadísticas, Juran eligió un enfoque gerencial para poder comunicar la responsabilidad de la alta gerencia para gestionar la calidad identificando las cinco áreas primarias de responsabilidad gerencial: 1) establecer la política organizacional sobre calidad; 2) elegir la calidad del diseño (del proceso o servicio); 3) diseñar el plan para organizar la compañía en relación con la calidad; 4) establecer la medición de lo que acontece en la organización con respecto a la calidad; y 5) revisar los resultados obtenidos respecto de los objetivos a alcanzar y las acciones a realizar ante desvíos significativos (Kolesar, 2008). Este enfoque dado por Juran al control de calidad permitió que "se abrieran las puertas para el establecimiento del control total de calidad tal como hoy lo conocemos" (Ishikawa, 1986, p. 22). Juran comparte numerosos puntos de vista con Deming tales como el trabajo pionero y persistente sobre la calidad; el enfoque que los problemas de calidad tienen sus orígenes en el sistema organizacional y no en el trabajador; la futilidad de entender el desarrollo de la calidad solo como frases inspiracionales o carteles alusivos y que el liderazgo de la calidad debe iniciarse en la alta gerencia. Juran diverge de Deming al no sostener que la aplicación de métodos estadísticos era la completa solución al problema de la calidad, sino que la gestión integral de la misma por toda la organización era la clave de su desarrollo (Phillips-Donaldson, 2004).

Juran sostiene que es responsabilidad de la alta gerencia gestionar la calidad organizacional e identifica cinco áreas principales de responsabilidad: 1) política general o doctrina sobre la calidad; 2) elección del grado de calidad en el diseño; 3) plan organizacional

con respecto a la calidad; 4) establecimiento de un sistema de medición del nivel actual de calidad en la organización; y 5) revisión de los resultados obtenidos respecto de los objetivos de calidad establecidos y la realización de acciones correctivas de las variaciones significativas (Juran, 1952; Kolesar, 2008). Juran define calidad cuando expresa que es axiomático que, si la empresa está determinada a permanecer en el negocio por un largo periodo, la calidad del producto o servicio que vende debe ser la adecuada para satisfacer las necesidades del consumidor. Si falla en esta respuesta, el consumidor justificadamente elegirá otro producto o servicio de la competencia que satisfaga dichas necesidades (Juran, 1952).

La Trilogía de Calidad de Juran

En un contexto altamente competitivo, incrementar la productividad solo es condición necesaria pero no suficiente para establecer una clara ventaja competitiva respecto de la competencia. Es necesario producir las cantidades requeridas de productos o servicio demandado por los clientes según las especificaciones de ingeniería que satisfagan las necesidades de los mismos al menor costo posible. Esto requiere producir el 100% de productos conforme a especificaciones al menor costo posible.

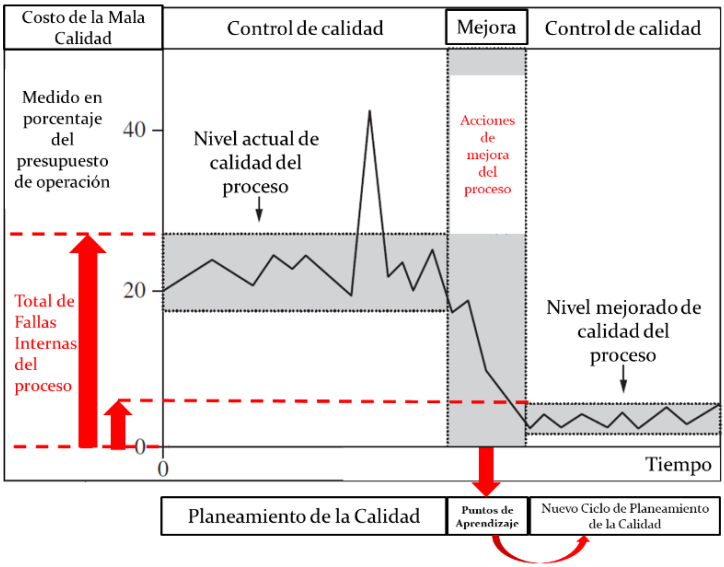
En este contexto, la gestión de la calidad, según Juran (1999), se realiza por medio de una trilogía que consiste en la Planificación de la Calidad, Control de la Calidad y Mejora de la Calidad[30].La Planificación de la Calidad es "el proceso estructurado para desarrollar productos (tanto bienes físicos como servicios) que asegure que las necesidades del consumidor se satisfagan con el producto final" (Early & Coletti, 1998, p. 45). Este proceso es necesario, no solo para los bienes y servicios requeridos por los clientes externos, sino que, además, para los clientes internos, entendiendo a estos como los miembros de la empresa, quienes forman parte del producto o proceso. Este proceso es capaz de lograr las metas de calidad bajo las condiciones de operación,

[30] Nota del autor: Juran plantea la idea inicial de dicha trilogía en su publicación *Managerial Breakthrough* (1964) y presenta la idea refinada en la edición de 1988 de su publicación *Juran's quality control handbook* (Juran, 1986; Juran, 1988; Juran, 1998; Phillips-Donaldson, 2004).

consta de una serie de pasos que comprende: 1) Fijar objetivos de calidad; 2) Identificar a los clientes; 3) Determinar las necesidades de los clientes; 4) Desarrollar características del producto que respondan a las necesidades de los clientes; 5) Desarrollar procesos que sean capaces de producir esas características; y 6) Establecer controles de proceso, y transferir los planes resultantes a las fuerzas operativas. El Control de Calidad "es un proceso de gestión universal para conducir operaciones de modo de proveer estabilidad – para prevenir cambios adversos y mantener el "status quo"" (Juran & Godfrey, 1998, p. 95). En dicho proceso se incluye evaluar el comportamiento de la calidad real para lo que se debe comparar el comportamiento real con los objetivos planteados y luego actuar en base a las diferencias. Finalmente, la Mejora en la calidad se entiende como creación organizada de un cambio beneficioso y se define como "elevar el comportamiento de la calidad hasta unos niveles sin precedentes" (Juran, 1998, p. 16). Esta etapa conduce las operaciones a niveles de calidad marcadamente mejores de aquellos que se han planteado originalmente y requiere: 1) establecer infraestructura necesaria para asegurar la mejora anual de la calidad; 2) identificar las necesidades específicas para mejorar; 3) crear para cada proyecto, un equipo que tenga la responsabilidad de dirigir el proyecto hacia un fin satisfactorio; y 4) proporcionar los recursos, la motivación y la formación necesaria para que los equipos diagnostiquen las causas, fomenten los remedios y establezcan controles para que perduren los logros (Juran, 1996). La Figura 1 muestra la relación entre los elementos de la Trilogía de Juran y la interacción entre el nivel de calidad a nivel operacional definido por individuos y equipos de trabajo la planificación de la calidad que requiere una perspectiva organizacional (Juran, 2010). Este estudio argumenta que el análisis de la implementación de la Trilogía de Juran como un proceso de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva permite superar las limitaciones impuestas por el análisis organizacional clásico e identificar las etapas de institucionalización para lograr su efectiva implementación.

Figura 1

La Trilogía de Juran en el control de la calidad.



Nota. Adaptado de Juran, J. M. (2010). *The Universal Methods to Manage for Quality*. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El análisis de la implementación de la Trilogía de Juran como un proceso de Cambio Organizacional se realiza desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva (LT). Esta lógica propone la existencia de un modelo relacional, del género de Modelo Autómata Finito Determinista No Sincrónico, denominado Patrón Autónomo Universal (PAU) de validez universal. Este modelo relacional establece una correspondencia particular entre dos subgrupos: uno superficial formado por elementos estáticos perfectamente

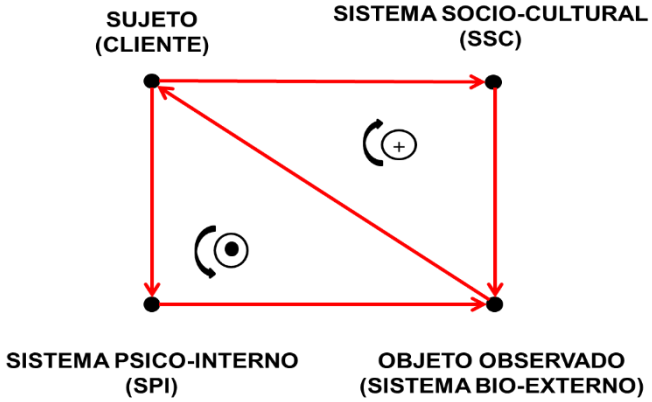
identificados por un código binario y la transformación aparente que los relaciona; y el otro de naturaleza profunda formado por los mismos elementos estáticos pero ahora con una transformación oculta que los desorganiza para reorganizarlos en un siguiente estado produciendo una evolución adaptativa frente a las demandas del marco de referencia planteado en un contexto de investigación definido. Este modelo así propuesto permitiría describir la relación entre los diferentes componentes de fenómenos sociales y naturales tales como biología, filosofía, psicología, economía, física y literatura (Salatino Cuccia, 2017a, 2017b).

Para el área social, la LT propone un modelo definido por cuatro elementos: dos de ellos de naturaleza estática identificados como sujeto (S) observador (01), unidad biológica con capacidad para introspección y para interactuar con el mundo en forma independiente; y el objeto (O) observado (10), que es aprehendido mediante el sistema bio-externo (la biología del sujeto, que pertenece a la misma categoría que todos los objetos inertes (sin vida) que se encuentran en el entorno)[31]. El tercer elemento (V) es la transformación que interrelaciona el S observador con el O observado, lo que se proyecta, a modo de respuesta en el sistema sociocultural (SSC). Finalmente, como cuarto elemento identifica el Sistema Psico-Interno (SPI) que reside en el interior del Sujeto donde se procesa la percepción del mundo externo luego de cada interacción con el mismo y se genera una nueva visión del mundo que transforma al sujeto (Figura 2). La tabla 1 muestra las condiciones lógicas asignadas a cada estado del modelo planteado donde la transición entre los diferentes estados depende del resultado de la transición anterior.

[31] Nota del autor: Desde la concepción subjetivista de la LT, el único "sujeto" que existe es el observador. Los "otros sujetos" que conviven con él, son vistos como "objetos" con capacidad para modificar el entorno, algo que un objeto inerte no puede hacer.

Figura 2

Esquema del Patrón Autónomo Universal para el área social.



*Nota. Adaptado de Salatino, D. R. (2017). "*Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects"*. International Journal of Research & Methodology in Social Science,* 3(2), 18.

Tabla 1

Relación lógica entre los componentes del modelo social de la LT

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	El Sujeto surge como referencia y es independiente del Objeto Observado
1	0	El Objeto Observado existe en el Sistema Bio-Externo (SBE) y ve al Sujeto como un ente distinto
1	1	El Objeto Observado existe y ve al sujeto como parte de un Sistema Socio-Cultural (SSC) donde interactúa en una relación estímulo - respuesta
0	0	El Sujeto se aleja del mundo externo y reflexiona sobre sí mismo y su aprendizaje del mundo exterior. Dicha reflexión cambia la visión del observador de la realidad (SSC)

Nota. Adaptado de Salatino, D. R. (2017). *Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects*. International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3(2), 18

La Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Planeamiento de la Calidad

La etapa de Planeamiento de la Calidad "es el proceso requerido para alcanzar los objetivos de la calidad. Se espera obtener un proceso con la capacidad para alcanzar los objetivos establecidos en las condiciones operativas de la organización" (Juran, 1986, p. 3). Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Sujeto (Ejecutivo) (entendido como integrante de la Alta Dirección de la empresa) interactúa con la Organización (Sistema Socio Cultural (SSC)) que busca mejorar su situación competitiva en un contexto de complejidad y volatilidad creciente. El Observador, para este caso el Objeto Observado, queda definido por el Conocimiento Organizacional generado e integrado en la organización requerido para poder establecer procesos que generen los productos y/o servicios demandados por los clientes. El Sujeto no halla respuesta al requerimiento de "crear un proceso que será capaz de alcanzar los objetivos establecidos bajo las condiciones operativas actuales" en el Conocimiento Organizacional existente por lo que inicia un ciclo de Planeamiento de la Calidad como responsable de su puesto de trabajo (3).

Como consecuencia, en su Espacio de Reflexión Interno (SPI), impulsado por su determinación a contribuir a la mejora organizacional, inicia un ciclo de investigación del proceso bajo análisis (4). Al salir de este Espacio de Reflexión Interno inicia el requerimiento de información sobre los clientes internos y externos del proceso bajo análisis (5) que lo lleva a interactuar con el Sistema Organizacional al cual pertenece (6) como se muestra en la Figura 3. En esta etapa identifica tanto los clientes internos como los externos y determina sus necesidades (7). Continua con el proceso de Planeamiento de la Calidad (8) y el ciclo de investigación del proceso bajo análisis (9). Define las especificaciones del bien a producir al "desarrollar las características del producto (bien físico como servicio) que responde a las necesidades de los clientes" (10) y establece los objetivos de calidad que satisfacen las necesidades de los clientes y proveedores por igual al mínimo costo combinado posible (11). A partir de la información sobre los procesos organizacionales establecidos y sus capacidades (13) "desarrolla un proceso que puede producir las características del producto

requerido” (16) y demuestra que el proceso puede alcanzar los objetivos de calidad bajo las condiciones operativas (17).

Figura 3

Esquema del ciclo de Planeamiento de la Calidad de la Trilogía de Juran iniciado por el Ejecutivo de la Alta Dirección desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Control de la Calidad

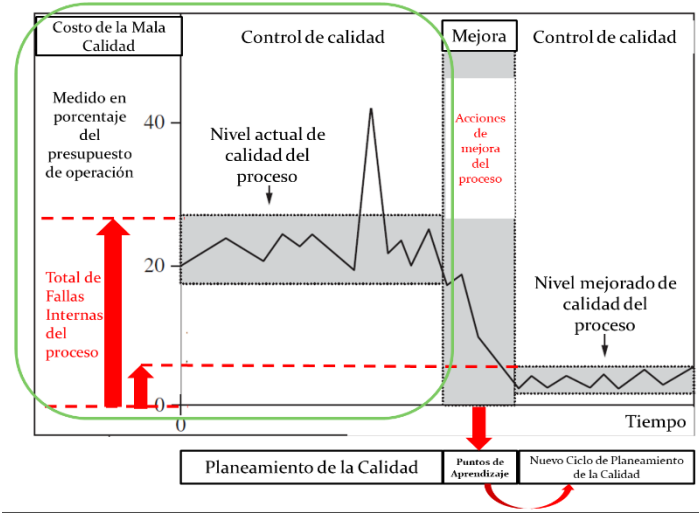
La etapa de Control de la Calidad “es el proceso para alcanzar los objetivos de la calidad al ejecutar los procesos operativos. Se espera conducir las operaciones de acuerdo con el plan de calidad establecido” (Juran, 1986, p. 3) como se muestra en la Figura 4.

En esta etapa, el Ejecutivo inicia su interacción con el Equipo del Área de Producción (19) y transfiere la ejecución del mismo al área. En su Espacio de Reflexión (SPI) reconoce que “su responsabilidad es ejecutar el proceso en el punto de óptima efectividad” (20) (Juran, 1986, p. 3). El Equipo del Área de Producción establece que controlar, las unidades de medición, la forma de medir y establece los estándares de operación” (21) (Juran, 1986, p. 4). Inicia su

interacción con el Sistema Organizacional al cual pertenece (22) como se muestra en la Figura 5. En esta etapa mide el actual rendimiento o capacidad del proceso bajo análisis (23) e inicia la evaluación de los datos obtenidos (24). En su Espacio de Reflexión (SPI) interpreta los datos y el significado de la diferencia con el estándar si esta existiera (25). Como consecuencia decide como corregir la diferencia con el estándar si esta existiera (26). “Debido a las deficiencias en el planeamiento origina, el proceso corre a un alto nivel crónico de desperdicio de materia prima. Este desperdicio ha sido planeado como parte del proceso en el sentido que el planeamiento falló en poder reducirlo o eliminarlo. Ya que el desperdicio es inherente al proceso, el Equipo de Producción no es capaz de eliminarlo. En lugar de esta acción, lo que realiza es establecer un proceso de Control de la Calidad para evitar que el nivel de desperdicio se incremente” (30)(31)(32) (Juran, 1986, p. 3).

Figura 4

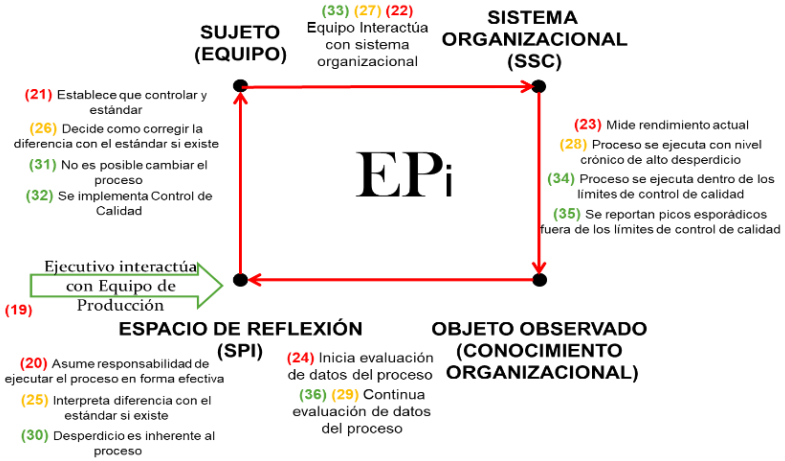
Identificación de la etapa de Control de la Calidad en la Trilogía de Juran.



Nota. Adaptado de Juran, J. M. (2010). *The Universal Methods to Manage for Quality*. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), Juran’s Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Figura 5

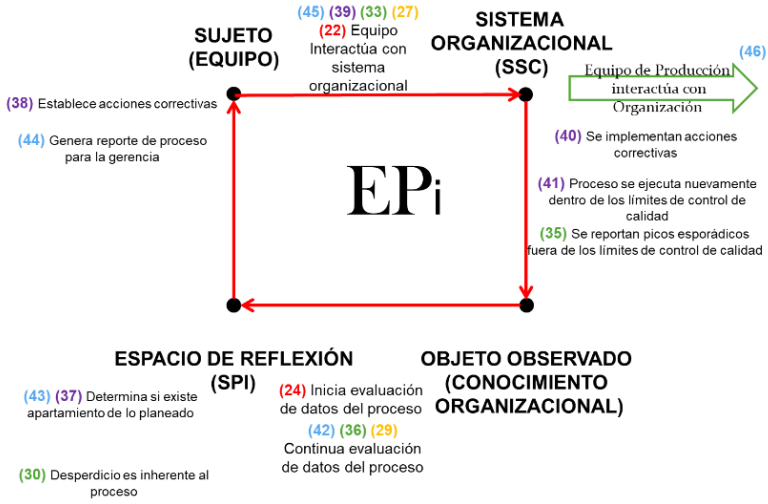
Esquema inicial del ciclo de Control de la Calidad de la Trilogía de Juran desarrollado por el Equipo de Producción desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



El Equipo de Producción continua su interacción con el Sistema Organizacional al cual pertenece y determina que el proceso se ejecuta dentro de los límites de control de calidad (34). “Si la situación empeorara (surgimiento de picos esporádicos de desperdicio), un equipo de control ad hoc se establece para determinar la causa o causas de esta variación anormal. Una vez que la causa(s) ha sido determinada, y las acciones correctivas ejecutadas, el proceso cae nuevamente en la zona definida como los límites del control de calidad” (35)(37)(38)(40)(41)(43) (Juran, 1986, p. 3). Se genera el reporte del proceso (44) y el Equipo de Producción inicia su interacción con la Organización (Figura 6). La Figura 7 muestra el sentido de propagación de la interacción de la Alta Dirección con el Equipo de Producción y con la Organización durante las etapas de Planeamiento de la Calidad y Control de la misma desde el enfoque del Aprendizaje Organizacional (E. Anzoise & C. A. Scaraffia, 2019).

Figura 6

Esquema de la etapa final del ciclo de Control de la Calidad de la Trilogía de Juran desarrollado por el Equipo de Producción desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



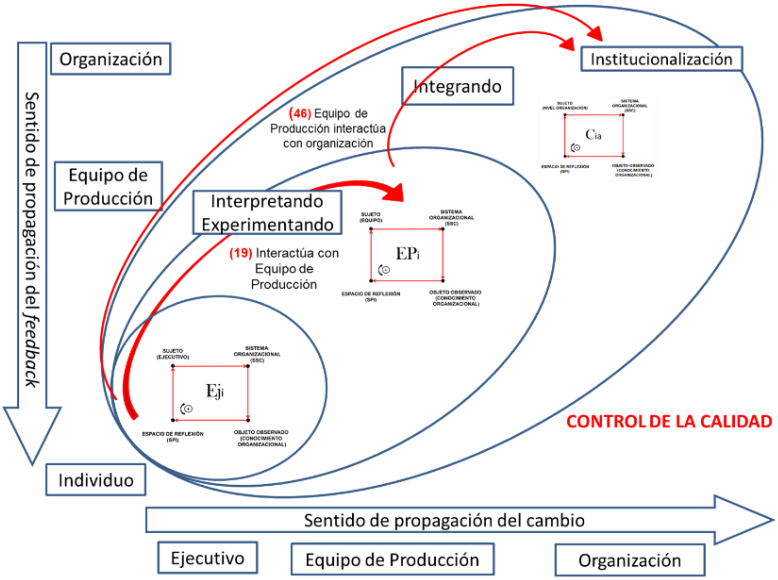
Estandarización de la Calidad

En esta etapa, el Equipo de Producción inicia el proceso de integración de los puntos de aprendizaje con el Conocimiento Organizacional. Entre grupos y la organización surge el proceso de integración definido como “el proceso de desarrollar una comprensión compartida entre individuos y la realización de acciones coordinadas a través de ajuste mutuos”. Finalmente, a nivel organizacional surge el proceso de aprendizaje identificado como institucionalizar definido como el proceso de asegurar que las acciones rutinarias ocurran ya que el aprendizaje de los individuos y grupos es asimilado en la organización a través de procedimientos, estructuras, sistemas y estrategia (Crossan et al., 1999). Luego de alcanzar la mejora en el proceso en forma consensuada y probada su eficacia, la búsqueda de la excelencia organizacional lleva a un proceso de sistematización de dicha mejora a través de diferentes mecanismos como procedimientos rutinarios, sistemas de diagnóstico y/o conjunto de reglas y

procedimientos (Crossan, Lane, & White, 1999). Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Equipo de Producción interactúa con la Organización (46) la cual inicia un proceso de Integración (47) en el Espacio de Reflexión (SPI) Ahora el Sujeto (Organización) presenta la nueva normativa o procedimiento actualizado para desarrollar el proceso bajo análisis (48) al Sistema Organizacional (SSC) para poder dar respuesta consensuada al requerimiento de desarrollar procesos para producir productos o servicios requeridos por los clientes (49) y poder integrarlo al Conocimiento Organizacional (Objeto Observado) (Figura 8).

Figura 7

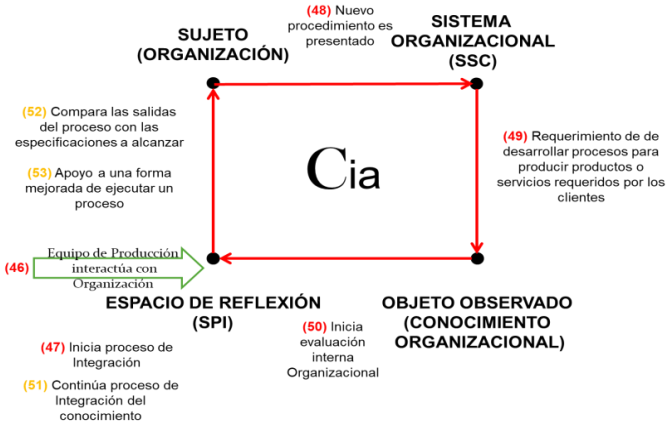
Sentido de propagación de la interacción de la Alta Dirección con el Equipo de Producción y con la Organización.



Nota. Adaptado de Anzoise, E., & Scaraffia, C. A. (2019). *La integración del proceso de decisión en el modelo de aprendizaje organizacional*. In E. Anzoise (Ed.), El proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica. Estudio exploratorio de los límites del uso de herramientas de apoyo al proceso de decisión (1st ed., pp. 262-278). New York, USA: On-Demand Publishing LLC.

Figura 8

Esquema de la etapa inicial del proceso de estandarización de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



En consecuencia, se inicia una evaluación interna organizacional (50) que continúa el proceso de Integración del conocimiento (51) en el Espacio de Reflexión (SPI) y compara las salidas del proceso con las especificaciones a alcanzar (52). Si existe consenso a nivel de la Alta Dirección, el resultado es el apoyo a una forma mejorada de ejecutar un proceso (53) por lo que la nueva normativa es aceptada (54). Esta nueva forma de ejecutar un proceso que permite reducir el número de productos no conformes y/o los costos de producción es integrada al sistema organizacional como parte del Conocimiento Organizacional (55) y se inicia la Institucionalización del aprendizaje producido que se refleja en la nueva versión del Manual de Procedimientos correspondiente (56). En este punto, la Organización define el Sistema de Entrenamiento, Comunicación, Motivación y Evaluación del cumplimiento de dicha normativa en todos los niveles organizacionales (57). Como consecuencia, se inicia un proceso TOP – DOWN (Heyden, Fourné, Koene, Werkman, & Ansari, 2016) de difusión del conocimiento (58) (59) a través de la interacción de la Organización con el Equipo de Producción y los Ejecutivos de la Alta Dirección (54) como se muestra en la Figura 9 y 10 en términos del modelo de estados

postulado por la LT para el campo social. La Figura 11 muestra el sentido de propagación del cambio y del feedback en el ciclo de Planeamiento de la Calidad en la Trilogía de Juran desarrollado por la organización.

Figura 9

Esquema de la etapa intermedia del proceso de estandarización de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

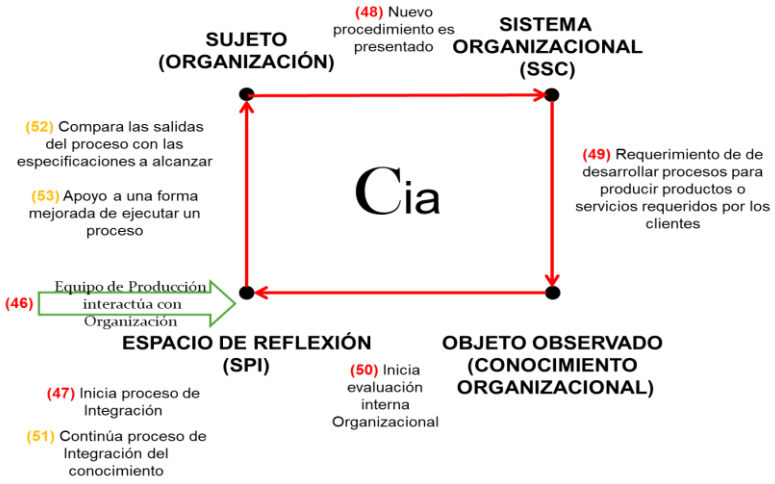


Figura 10

Esquema de la etapa final del proceso de estandarización de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

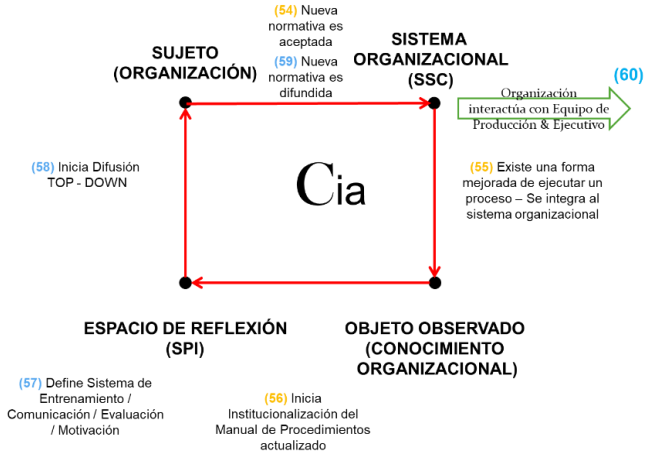
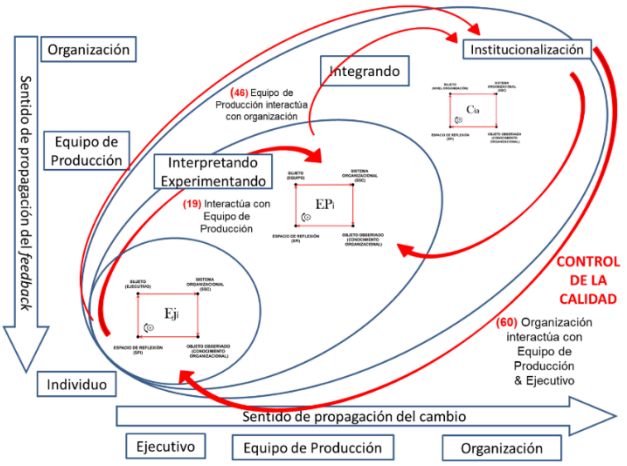


Figura 11

Sentido de propagación de la institucionalización de la mejora en los procesos desde la Organización hacia la Alta Dirección y el Equipo de Producción.



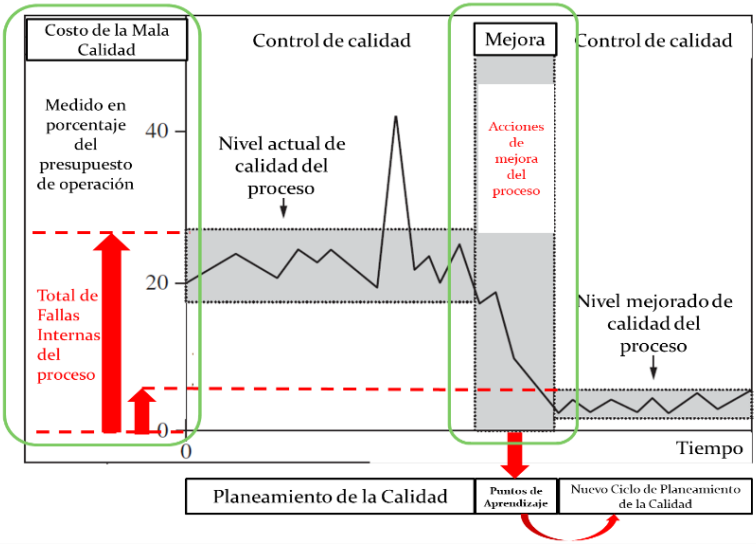
Proceso de Mejora de la Calidad

La figura 12 muestra que “a su debido tiempo el nivel de desperdicio crónico cae a un nivel inferior. Esta reducción no sucede por sí misma. Es resultado de la acción orientada hacia ello de la Alta Gerencia para introducir un nuevo proceso administrativo dentro del sistema de responsabilidades gerencias identificado como el Proceso de Mejora de la Calidad” (Juran, 1986, p. 3). En cualquier sistema bajo control, el nivel actual de rendimiento de un proceso se considera el estándar a alcanzar. Juran considera que en este concepto está implícito la suposición de que no es posible tanto tecnológica como económicamente mejor dicho nivel. Sin embargo, el análisis de casos muestra que lo que solía ser algo aceptado como inamovible se volvió obsoleto a través de procesos de mejora realizado por personas decididas a realizarlos. El proceso de alcanzar tales mejoras difiere considerablemente del proceso de mantener algo bajo control ya que requiere cambios en la actitud de las personas frente al proceso a mejora; el uso de herramientas adecuadas para su análisis; cambios en el proceso de diagnóstico y evaluación y cambios en la cultura organizacional (Juran, Gryna, & Bingham, 1974).

El Ejecutivo de la Alta Dirección inicia ciclo de análisis del nivel de desperdicio crónico (61) en el Espacio de Reflexión (SPI) ya que “no se halla feliz con los resultados alcanzados a través del planeamiento de la calidad” (Juran, 1986, p. 4). Esto lleva a la decisión de reducir el nivel de desperdicio crónico (62) e iniciar el proceso de Mejora de la Calidad. Este proceso busca “alcanzar un nivel de rendimiento del proceso no conocido anteriormente” y se espera que “el resultado del mismo sea la ejecución de operaciones en la organización a un nivel de calidad distintivamente superior al rendimiento planeado originalmente” (Juran, 1986, p. 4). Ejecutar esta decisión implica “superar la ponderación tradicional del alto nivel de control de calidad en las organizaciones. Dado que estos objetivos están basados tradicionalmente en el rendimiento anterior, el criterio de definición solo perpetúa dicho rendimiento el cual es la raíz de la crisis de calidad” (Juran, 1986, p. 4). Para ello inicia acciones para “demostrar la necesidad de mejora, identificar proyectos específicos de mejora; organizar para orientar los proyectos identificados y organizar para el diagnóstico (para descubrir las causas)” (63) (Figura 13).

Figura 12

Identificación de la etapa de Mejora de la Calidad en la Trilogía de Juran.



Nota. Adaptado de Juran, J. M. (2010). *The Universal Methods to Manage for Quality*. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Ahora el Ejecutivo interactúa con el Equipo de Producción (65) el cual analiza en su Espacio de Reflexión (SPI) la propuesta de la Alta Dirección (66) y planifica el diagnóstico a realizar para hallar las causas del rendimiento operacional bajo análisis (67). El Equipo de Producción interactúa con el sistema organizacional (68) y ejecuta los diagnósticos planificados (69) capturando los datos correspondientes (70). Inicia la evaluación interna como responsable del área (71) y en su Espacio de Reflexión (SPI) analiza los datos recibidos (72) y provee soluciones al problema (73) las cuales aplica recolectando los datos ad hoc (75) (76). El análisis de los mismos (78) prueba que "las soluciones son efectivas bajo las actuales condiciones operativas" (79) (Juran, 1986, p. 4) (Figura 14).

Figura 13

Esquema de la etapa inicial a nivel de Ejecutivo del proceso de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

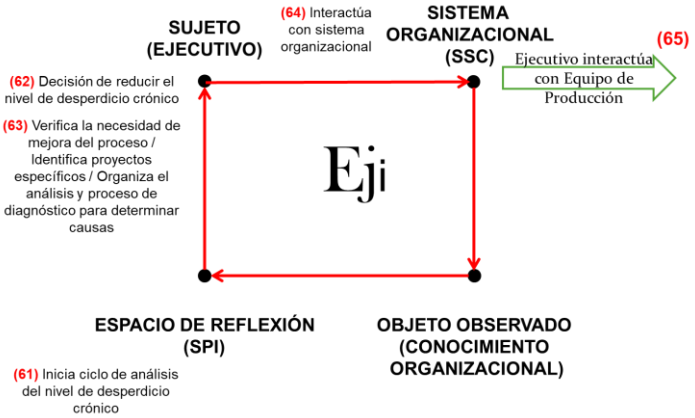
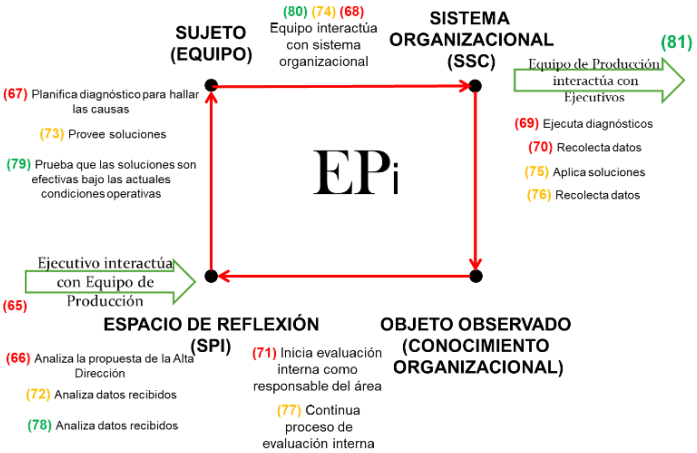


Figura 14

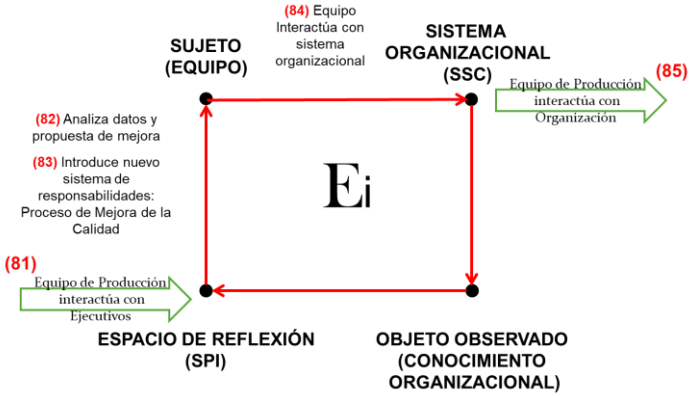
Esquema de la etapa intermedia a nivel de Equipo de Producción del proceso de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva



El Equipo de Producción interactúa con el Ejecutivo (81) informado de los resultados de la mejora introducida (82). “Esta mejora no sucede de por sí, sino que es resultado de las acciones orientadas a ello realizadas por la Alta Dirección para introducir un nuevo proceso gerencial, en el sistema de responsabilidades gerenciales, denominado Proceso de Mejora de la Calidad (83) (Juran, 1986, p. 3) (Figura 15).

Figura 15

Esquema de la etapa final a nivel de Ejecutivo del proceso de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

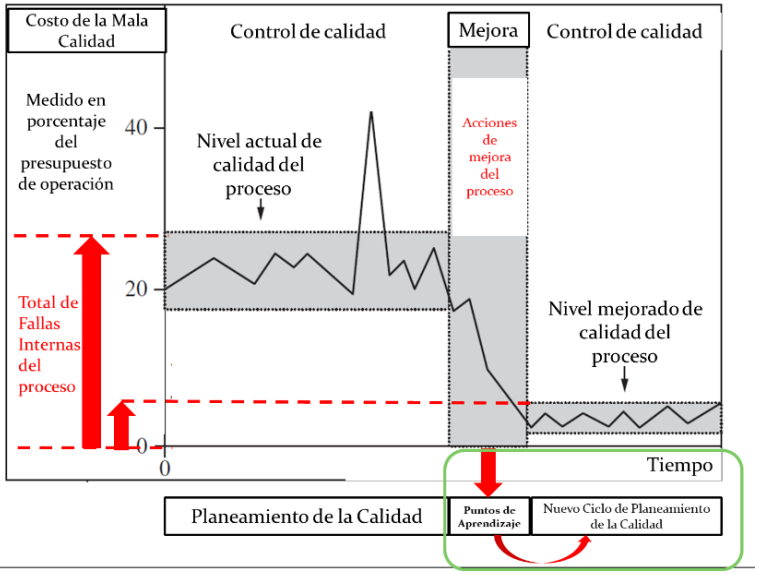


Estandarización del Proceso de Mejora de la Calidad

Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Equipo de Producción interactúa con la Organización (85) la cual inicia un proceso de Integración (86) en el Espacio de Reflexión (SPI). En esta etapa de la Trilogía de Juran se busca integrar los Puntos de Aprendizaje hallados durante el Proceso de Mejora al Conocimiento Organizacional para poder iniciar un nuevo Ciclo de Planeamiento de la Calidad (Figura 16). “Este Proceso de Mejora de la Calidad se suma al Proceso de Control de la Calidad resultando en un proceso que se implementa en forma complementaria al mismo y no en lugar del mismo” (87) (Juran, 1986, p. 3).

Figura 16

Identificación de la etapa de Consolidación de la Mejora de la Calidad en la Trilogía de Juran.



Nota. Adaptado de Juran, J. M. (2010). *The Universal Methods to Manage for Quality*. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Ahora el Sujeto (Organización) presenta la nueva normativa o procedimiento actualizado para mejorar el proceso bajo análisis (88) al Sistema Organizacional (SSC) (89) (Figura 17). El Equipo de Producción analiza el nuevo procedimiento (90), interactúa con el Sistema Organizacional (SSC) (91), ejecuta las mejoras (92) y "establece mecanismos de control para mantener la mejora obtenida" (93) (Juran, 1986, p. 4) (Figura 18). Para ello inicia la evaluación interna como responsable del área (94) y continua el análisis de los datos del proceso a controlar (95). La Figura 19 muestra el sentido de propagación del cambio y del feedback en la etapa de estandarización del Proceso de Mejora en el ciclo de

Planeamiento de la Calidad en la Trilogía de Juran desarrollado por la organización.

Figura 17

Esquema de la etapa inicial del proceso de estandarización del Proceso de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

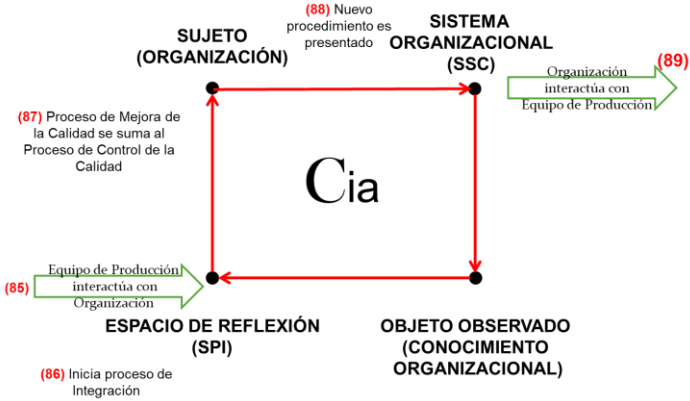


Figura 18

Esquema de la etapa final del proceso de estandarización del Proceso de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

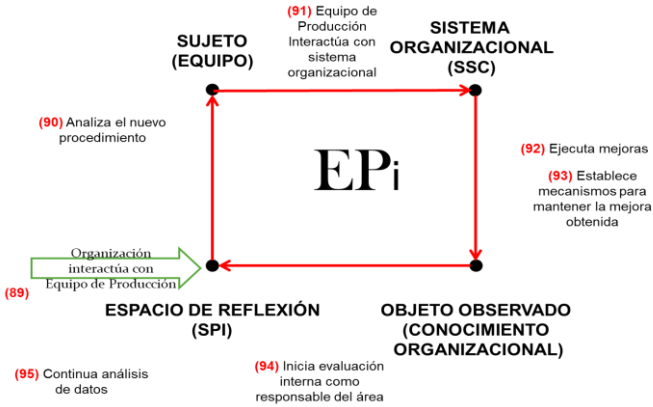
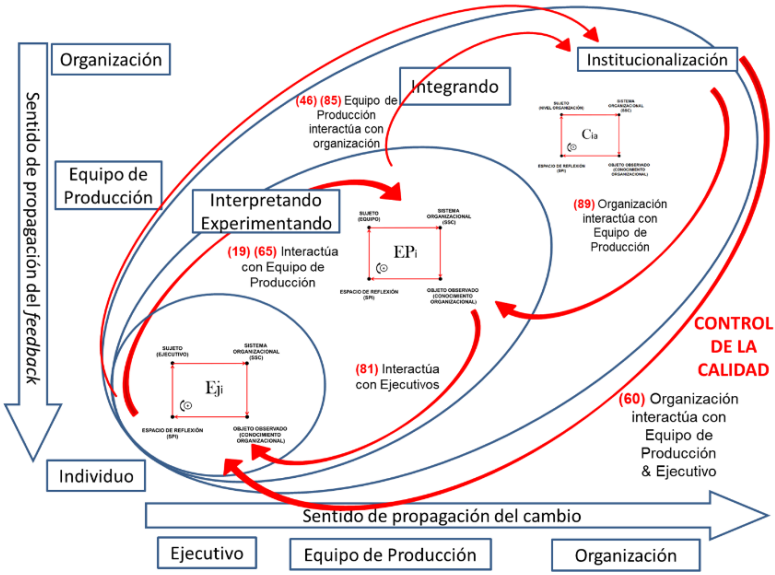


Figura 19

Sentido de propagación de la institucionalización del Procedimiento de Mejora de la Calidad desde la Organización hacia la Alta Dirección y el Equipo de Producción.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Trilogía de Juran permite identificar la secuencia de acciones a realizar para poder implementar en forma institucionalizada un proceso de mejora continua en la producción de bienes y servicios. Como primera conclusión, el análisis a través de la LT permite identificar los límites de la generación del Conocimiento Organizacional (Objeto Observado) en el Sistema Organizacional (SSC). Al restringir la generación del Conocimiento Organizacional a la interacción entre la Alta Dirección y el Equipo de Producción remueve al individuo de dicho ciclo, el cual es condición necesaria desde la perspectiva del Aprendizaje Organizacional.

El aprendizaje organizacional (AO) es un campo de investigación académica y práctica profesional con un desarrollo relativamente reciente concentrado en el análisis de los procesos relacionados

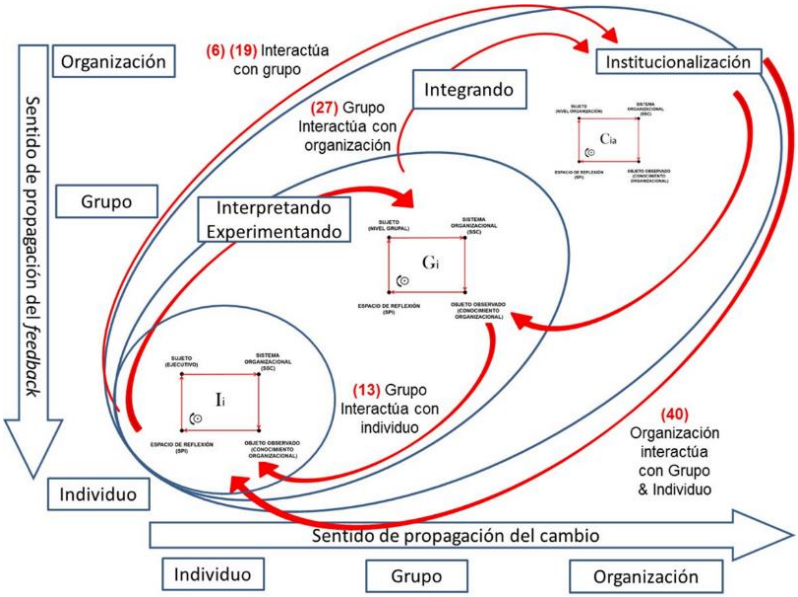
con el aprendizaje individual y colectivo en las organizaciones (Tsang, 1997). El concepto de aprendizaje organizacional es presentado por Cyart y March (1963) como parte del modelo desarrollado del proceso de decisión en las organizaciones cuando afirman que las compañías aprenden de la experiencia con la intención de adaptarse a las condiciones del medio ambiente (Cyert & March, 1963). Desde diversas perspectivas existe una convergencia en considerar que "el aprendizaje organizacional es el conjunto de actividades y procesos por los cuales una organización eventualmente alcanza el ideal de una organización que aprende" (Caldwell, 2012; Chatterjee, 2011; Finge & Brand, 1999, p. 136; Senge et al., 2000). Los diversos modelos coinciden en identificar como etapas del aprendizaje organizacional (1) el aprendizaje de la experiencia pasada, (2) la adquisición de conocimiento, (3) el procesamiento en un nivel organizacional diferente, (4) identificar y corregir los problemas, y (5) el cambio a nivel organizacional. Una organización que aprende a actuar de manera eficiente, se adapta fácilmente al cambio, detecta y corrige los errores y mejora continuamente sus procesos de decisión y el logro de sus objetivos (Argyris & Schön, 1995; Silins, Zarins, & Mulford, 2002). Zietsma, et al. (2002) desarrollan el Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional (Zietsma, Winn, Branzei, & Vertinsky, 2002) como una mejora al modelo basado en la Teoría de Aprendizaje Multinivel (Crossan et al., 1999) como se muestra en la Figura 20. Este Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional se ha aplicado a diferentes tipos de organizaciones, incluso las de educación superior (Anzoise, Scaraffia, & Curadelli, 2016; Castaneda & Rios, 2007). Este modelo identifica tres niveles de aprendizaje: 1) individuo; 2) grupo; y 3) la organización y sus diferentes rutas de integración que van desde el individuo a la organización y de la organización al individuo (E. Anzoise & C. Scaraffia, 2019) ya que el aprendizaje individual aislado no garantiza el aprendizaje organizacional al ser necesario un proceso de transferencia entre todos los integrantes de la organización para institucionalizar el conocimiento generado (Senge, 1998; Senge et al., 2000).

Como segunda conclusión se halla que el proceso de mejora del Planeamiento de la Calidad requiere foco en diversos aspectos para mejorar la competitividad de las organizaciones: 1) revisión de las

prioridades de los planificadores de modo de asignar el tiempo necesario a la tarea de planificación de la calidad; 2) el uso de un enfoque más estructurado para la planificación de la calidad; y 3) el establecimiento de bases de datos disponibles para toda la organización que permitan organizar el Conocimiento Organizacional relacionado con los problemas hallados y resueltos durante el proceso de control y las acciones de mejora de los procesos (Juran, 1988).

Figura 20

Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva.



Nota. Reproducido de Anzoise, E., & Scaraffia, C. A. (2019). *La integración del proceso de decisión en el modelo de aprendizaje organizacional*. In E. Anzoise (Ed.), El proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica. Estudio exploratorio de los límites del uso de herramientas de apoyo al proceso de decisión (1st ed., pp. 262-278). New York, USA: On-Demand Publishing LLC.

Como tercera conclusión, surge la necesidad de que la alta dirección ejerza un liderazgo positivo asumiendo el control de la función calidad de la organización y del entrenamiento de la fuerza laboral en todos los niveles. Juran advierte sobre la experiencia limitada en calidad así como la falta de entrenamiento en dicha área de la alta dirección como unos de los principales obstáculos para alcanzar calidad como una ventaja competitiva sustentable (Juran, 1986). Para alcanzar este nivel de liderazgo, Juran propone la creación de diversas instrumentos de gestión tales como el Programa Anual de Calidad; una estructura organizacional que provea la inserción de la función de calidad; y la medición de los indicadores de calidad respecto de los objetivos planeados (Godfrey, 1998; Juran, 1974).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realiza en el marco del Proyecto de Investigación TOUTNME0007636 – *Identificación del modelo de costos de la calidad en el sector vitivinícola. El caso de bodegas cooperativas y privadas en la Provincia de Mendoza* financiado por la Universidad Tecnológica Nacional.

REFERENCIAS

Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2019). El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión. In D. Salatino, L. E. Gómez & G. Cuadrado (Eds.), *Foro sobre Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería* (pp. 87 - 120). Mendoza, Argentina: Grupo de Investigación en Matemática Aplicada a la Ingeniería y Gestión (IEMI)

Anzoise, E., Scaraffia, C., & Curadelli, S. (2016). Modelos de decisión en el Aprendizaje Organizacional en la Educación Superior. In G. Cuadrado & L. E. Gómez (Eds.), *IV Congreso Internacional ECEFI 2016 - Cuarto Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería: ECEFI 2016* (pp. 265-276). Mendoza, Argentina: Grupo de Investigación en Matemática Aplicada a la Ingeniería y Gestión (IEMI)

Anzoise, E., & Scaraffia, C. A. (2019). La integración del proceso de decisión en el modelo de aprendizaje organizacional. In E. Anzoise (Ed.), *El proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica. Estudio exploratorio de los límites del uso de herramientas de apoyo al proceso de decisión* (1st ed., pp. 262-278). New York, USA: On-Demand Publishing LLC.

Argyris, C., & Schön, D. A. (1995). *Organizational Learning II: Theory, Method, and Practice* (1st ed.). Reading, MA: Addison-Wesley.

Best, M., & Neuhauser, D. (2006). Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory. *Quality and Safety in Health Care, 15*(2), 142–143. https://doi.org/10.1136/qshc.2006.018093

Caldwell, R. (2012). Systems Thinking, Organizational Change and Agency: A Practice Theory. Critique of Senge's Learning Organization. *Journal of Change Management*, 1-20.

Castaneda, D. I., & Rios, M. F. (2007). From Individual Learning to Organizational Learning. *The Electronic Journal of Knowledge Management, 5*(4), 363 - 372.

Crossan, M. M., Lane, H. W., & White, R. E. (1999). An Organizational Learning Framework: From Intuition to Institution. *The Academy of Management Review, 24*(3), 522-537. https://doi.org/10.2307/259140

Cyert, R. M., & March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm* (1st ed.). Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Chatterjee, S. (2011). Organizational Learning and Learning Organization: A Critical Review – A Paradox. *Asian Journal Of Computer Science And Information Technology, 1*(3), 64 -70.

Early, J. F., & Coletti, O. J. (1998). The Quality Planning Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (5th ed., pp. 44-93). New York: McGraw-Hill.

Finge, M., & Brand, S. B. (1999). The Concept of the 'Learning Organization' Applied to the Transformation of the Public Sector: Conceptual Contributions for Theory Development. In M. Easterby-Smith, L. Araujo & J. Burgoyne (Eds.), *Organizational Learning and the Learning Organization* (pp. 130-156). London:: Sage.

Godfrey, A. B. (1998). Total Quality Management. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (pp. 386-421). New York: McGraw-Hill.

Heyden, M. L. M., Fourné, S. P. L., Koene, B. A. S., Werkman, R., & Ansari, S. (2016). Rethinking 'Top-Down' and 'Bottom-Up' Roles of Top and Middle Managers in Organizational Change: Implications for Employee Support. *Journal of Management Studies, 54*(7) https://doi.org/10.1111/joms.12258

Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa.* (D. J. Lu & M. Cárdenas, Trans.). Bogotá: Grupo editorial Norma.

Juran, J. M. (1951). Acceptance of Quality. In J. M. Juran (Ed.), *Quality-Control Handbook* (1st ed., pp. 805). New York: McGraw-Hill.

Juran, J. M. (1952). Aspecto económico de la calidad (M. Sust & J. Batlle, Trans.). In J. M. Juran (Ed.), *Manual de Control de la Calidad*. Barcelona: Editorial Reverté.

Juran, J. M. (1974). Upper Management and Quality. In J. M. Juran, F. M. Gryna & R. S. Bingham (Eds.), *Quality Control Handbook* (3rd ed., pp. 1755). New York: McGraw Hill Higher Education.

Juran, J. M. (1986, May 20, 1986). *The Quality Trilogy. A Universal Approach to Managing for Quality* Paper presented at the ASQC 40th Annual Quality Congress Anaheim, California. Retrieved from https://statmodeling.stat.columbia.edu/wp-content/uploads/2017/10/Juran-trilogy-1986.pdf

Juran, J. M. (1988). *Juran's quality control handbook* (4ta ed.). New York: McGraw-Hill.

Juran, J. M. (1996). *Juran y la calidad por el diseño* (Díaz de Santos ed.). Madrid, España

Juran, J. M. (1998). The Quality Improvement Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (5th ed., pp. 124-196). New York: McGraw-Hill.

Juran, J. M. (2005). Brief Biographical Synopsis. In K. S. Stephens (Ed.), *Juran, Quality, and a Century of Improvement. The Best on Quality* (1st ed., Vol. 15, pp. 3-6). Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.

Juran, J. M. (2010). The Universal Methods to Manage for Quality. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), *Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence* (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). The Quality Control Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (pp. 94-123). New York: McGraw-Hill.

Juran, J. M., Gryna, F. M., & Bingham, R. S. (1974). *Quality control handbook* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

Kolesar, P. J. (2008). Juran's Lectures to Japanese Executives in 1954: A Perspective and Some Contemporary Lessons. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL, 15*(3), 6.

Phillips-Donaldson, D. (2004). 100 Years of Juran. *Quality Progress*, 26-39.

Salatino Cuccia, D. R. (2017a). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. *International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(2), 18.

Salatino Cuccia, D. R. (2017b). *Tratado de lógica transcursiva : origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva* (1st ed.). Godoy Cruz, Mendoza

Senge, P. M. (1998). *La quinta disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* (C. Gardini, Trans.). Buenos Aires: Ediciones Granica, S.A.

Senge, P. M., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R., Roth, G., & Smith, B. (2000). *La danza del cambio: Los retos de sostener el impulso en organizaciones abiertas al aprendizaje*. Bogotá: Editorial Norma.

Silins, H., Zarins, S., & Mulford, B. (2002). What Characteristics and Processes Define a School as a Learning Organisation? Is This a Useful Concept To Apply to Schools? *International Education Journal, 3*(1), 11.

Tsang, E. (1997). Organizational learning and the learning organization: a dichotomy between descriptive and prescriptive research. *Human Relations, 50*(1), 57-70.

Wilson, M. R., Porter, S. R., & Reiff, J. L. (2005). Western Electric Co. In J. L. Reiff, D. Keating & J. Grossman (Eds.), *Dictionary of Leading Chicago Businesses (1820-2000)* (Chicago: Chicago Historical Society; The Newberry Library & Northwestern University. Retrieved from http://www.encyclopedia.chicagohistory.org/pages/2900.html

Zietsma, C., Winn, M., Branzei, O., & Vertinsky, I. (2002). The war of the woods: Facilitators and impediments of organizational learning processes. *British Journal of Management, 13*(Special Issue 2), 61-74.

* * *

FORO JURÍDICO

ENFOQUE JURÍDICO DE LA SITUACIÓN DEL TRABAJADOR FRENTE A LOS RIESGOS PSICOSOCIALES

María Elena Sottano

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza
mesottano@hotmail.com

Resumen: El objeto de este trabajo es analizar las consecuencias de los factores psicosociales que predominan en el trabajo y que afectan y que producen un sufrimiento en el ser humano en sus dimensiones físicas, psíquicas o mentales y finalmente se somatizan, lo que hace necesario una regulación jurídica para prevenir los perjuicios que se pueden producir en la salud de los trabajadores. En principio los riesgos psicosociales son factores de riesgos para la salud que se originan en la organización del trabajo y que generan respuestas de tipo fisiológico, emocionales, (como sentimientos de ansiedad, depresión), cognitivo (falta de concentración, de creatividad, de toma de decisiones) y que son conocidas como “estrés” y que pueden ser precursoras de enfermedad en ciertas circunstancias de intensidad, frecuencia y duración. Se analizarán los fundamentos constitucionales y normativos. La tutela en el Código Comercial de la Nación, en la Ley de Higiene y Seguridad 19.587, la Ley de Contrato de Trabajo 20744, la Ley de Riesgos del Trabajo 25.447(107). Se estudiarán los factores de los riesgos psicosociales en trabajo, en el enfoque trabajo-salud que gira en los ejes en torno a la intensidad y el tiempo en el trabajo, las exigencias emocionales, la autonomía y el margen de maniobra, las relaciones sociales y de trabajo, los conflictos éticos y de valores, la estabilidad y la seguridad en el empleo (38). La finalidad de este trabajo es dar a conocer las consecuencias que implican estos daños para la salud física de los dependientes, que ocurren cuando hay deficiencias en las condiciones y medio ambiente del trabajo y no se previenen los riesgos psicosociales, frente a los trabajadores que son víctimas de estas situaciones, la solución no es curar individualmente al trabajador sino cambiar el trabajo para que este fenómeno no se reproduzca. La conclusión final es que el trabajo no es patógeno y en el origen de los riesgos está el contenido y la organización en el proceso de trabajo.

Palabras claves: riesgos psicosociales, stress, burnout, mobbing, salud.

INTRODUCCION

En este trabajo analizaremos los factores psicosociales laborales que conforman un conjunto de experiencias y percepciones del trabajador en su interacción en y con el trabajo, como el medio ambiente, satisfacción, clima laboral, etc. Los factores de riesgo psicosociales en relación con la condición del empleo, la organización de la empresa y su entorno social, las relaciones sociales con los compañeros de trabajo, los subordinados y las jerarquías, que pueden tener un efecto positivo o negativo en la salud del trabajador. Los riesgos psicosociales se pueden agrupar en los siguientes ejes:

a. Demanda psicológica y esfuerzo requerido: tiene que ver con la complejidad de la actividad, la extensión, el ritmo, la intensidad, conduce al tema de la jornada de trabajo, su distribución y límites.
b. El estrés: es la consecuencia de un desequilibrio percibido entre los recursos personales y organizacionales disponibles para la persona y las exigencias de la situación ocurrente. Esa capacidad para adaptarse o resistir a los riesgos provenientes del proceso de trabajo puede predisponerlo a contraer una enfermedad psíquica, física o somatizarla.
c. Las exigencias emocionales: en la actividad profesional pueden causar daño o permitir el control sobre sí mismo y lograr satisfacciones, tanto en las relaciones con el público, como con los clientes,ect, pero puede ser que estén en conflicto y en ciertos casos los trabajadores deberán esconder o negar sus emociones por el temor a sufrir el fracaso de la actividad.
d. La autonomía del trabajo: es la alternativa de ser protagonista para el trabajador, conducir su vida profesional, ascender al empleo, hacer carrera, su realización personal.
e. Las relaciones sociales en el trabajo: Comprenden las relaciones sociales de la comunidad laboral en la que el trabajador pertenece. Estas relaciones son fundamentales para el desarrollo de una vida sana psíquica habida cuenta que el trabajador pasa por una gran parte de la vida relacionada con ella por los medios modernos de contacto y comunicación, redes sociales, etc. La realidad laboral cada vez más frecuente es el

trabajo solitario, ello abarca el teletrabajo, la conducción de taxis. Estas situaciones provocan el aislamiento social que puede provocar daños en la salud. Por ello es recomendable preservar el tete á tete para evitar los riesgos del aislamiento al vivir contectados permanentemente a Internet.

f. Los conflictos éticos y/o valores: se generan cuando el trabajador se ve impedido de trabajar con calidad y se siente obligado a hacer cosas en contra de sus propios valores. Puede ser que sus medios de trabajo funcionen de manera imperfecta, recibe insumo de mala calidad.

g. La inseguridad en la situación de trabajo y empleo: Tiene relación con la estabilidad en el empleo. El trabajador debe tener cierta seguridad respecto a la conservación de su fuente de trabajo, que es también su fuente de ingresos. Esto le transmite una sensación de tranquilidad, que redunda en beneficio de la propia empresa, que contribuye a aumentar su rendimiento y a mejorar el clima de las relaciones sociales entre las partes.

El estrés en el trabajo

El estrés es un proceso, que se da cuando aparece un factor que se presenta como desbordante para los recursos y /o capacidades del sujeto. Es aquello que surge de la interacción entre las demandas ambientales que pueden ser internas o externas y los recursos de afrontamiento de cada persona en particular en un momento determinado. Cuando dichas demandas desbordan los recursos con los que se cuenta, se produce una reacción de estrés que implica la aparición de reacciones físicas y emocionales entre ellas la ansiedad, la ira, la angustia, romper la resistencia psicológica de la víctima para que abandone el lugar de trabajo mediante la baja, la renuncia o despido procedente, y una obligación de las víctimas de ir a un lugar de trabajo donde saben que van a ser fustigados.

Mobbing

Es un maltrato verbal y conductual continuado y frecuente en el tiempo, de al menos seis meses y que se produce cada semana, con un objetivo de fustigar, agobiar reducir, acobardar, y romper la resistencia psicológica de la víctima para que abandone el lugar de trabajo mediante la baja, la renuncia o el despido procedente, y una

obligación de las víctimas de ir a un lugar de trabajo donde saben que van a ser fustigados.

Burnout

Inicialmente se lo consideró como un síndrome exclusivo de los profesionales de la salud. Se lo conoce como el síndrome de agotamiento profesional, desgaste profesional, desgaste ocupacional, síndrome del quemado, de la cabeza quemada. El burnout es un estado de agotamiento físico, emocional y mental que resulta de la implicación a largo plazo en situaciones laborales emocionalmente exigentes. Se puede describir como una respuesta prolongada a una exposición crónica de riesgos psicosociales emocionales e interpersonales en el trabajo, Se caracteriza por un agotamiento emocional (actitudes negativas, deshumanizadas e insensibles hacia las personas que son receptoras de servicios de uno), despersonalización, falta de implicación en el trabajo, bajos niveles de realización personal e ineficiencia. Se desprende que burnout y estrés no son sinónimos. El burnout es la exposición continua al estrés laboral crónico. Cuando el estrés se cronifica y ya no hay recursos psíquicos para afrontarlo, la respuesta patológica es el burnout.

FUNDAMENTOS CONSTITUCIONALES

El empleador debe velar por la integridad psicofísica de sus dependientes mientras se encuentren dentro del establecimiento y/o cumpliendo sus tareas, obligaciones que emanan del deber de seguridad, (art. 75 LCT y art. 4 Ley 25447) y como contrapartida de los poderes de organización y dirección que la ley le otorga.

Así el empleador debe preservar la dignidad de la persona trabajadora cuyo fundamento no es otro que el dispositivo constitucional que garantiza “condiciones dignas y equitativas de labor”, que está consagrado en el art. 14 de la Constitución Nacional. En virtud de ello, no solo se encuentra legitimado para tomar medidas para resguardar la integridad psicofísica de los dependientes, sino que es derivada del principio de buena fe que conforme la normativa del derecho laboral es exigible al empleador.

LA PROTECCIÓN EN EL CÓDIGO CIVIL Y COMERCIAL DE LA NACION

La responsabilidad del empleador la analizamos en la categorización del daño. En este sentido en artículo 1.737 del CCCN expresa: “Hay daño cuando se lesiona un derecho o un deber reprobado por el ordenamiento jurídico, tenga por objeto la persona, el patrimonio, o un derecho de incidencia colectiva.” El fundamento para la responsabilidad directa de quien no cumple con una obligación está en el artículo 1.749 que dice: “Es responsable directo quien incumple una obligación u ocasiona un daño injustificado por acción u omisión.” Es el incumplimiento contractual que genera responsabilidades y cuando el daño es provocado por el empleador es éste responsable del daño que sufra trabajador. Lo es también por el hecho del dependiente conforme el artículo 1.753 del CCCN. El principal responde objetivamente por los daños que están bajo su dependencia o de las personas que se sirve para el cumplimiento de sus obligaciones cuando el hecho dañoso acaece en ejercicio u ocasión de las funciones encomendadas. La norma incorpora la figura de la tercerización, al expresar “de las personas que se sirve para el cumplimiento de sus funciones”.

Otro supuesto es que toda persona es responsable del daño que produce el riesgo o vicio de la cosa, o de las actividades que sean peligrosas por su naturaleza, por los medios empleados o por las circunstancias de su realización. La responsabilidad es objetiva. El riesgo es la contingencia o la proximidad del daño y el vicio es un defecto de fabricación o funcionamiento que la hace inapropiada para el destino que se la utilizó. También el dueño y guardián responden concurrentes por el daño ocasionado por las cosas. Se considera guardián a quien ejerce el uso, dirección y control de la cosa o quien obtiene un provecho de ella.

También se ha legislado una responsabilidad preventiva, estableciendo el deber de prevención, para luego pasar a la reparación, en el art. 1710 CCCN. Toda persona tiene el deber de: 1. Evitar un daño injustificado.2. Adoptar de buena fe, medidas razonables para evitar que un daño se produzca o disminuirlo. 3. No agravar el daño si ya se produjo. La nueva normativa del CCCN es más extensa y detallada, lo que hace que los trabajadores que sufren accidentes o enfermedades laborales y plantean un reclamo puedan obtener su reparación amplia y beneficiosa.

LA PROTECCION EN LA LEGISLACION LABORAL

La Ley 19587/72 es la ley de Higiene y Seguridad, rige en todo el territorio de la República y se aplica en todos los establecimientos, sean públicos o privados, tengan o no fines de lucro, cualquiera sea la naturaleza de sus actividades económicas que desarrollen. Los objetivos de esta ley son: 1. Proteger la vida y la integridad psicofísica de los trabajadores. 2. Prevenir, reducir, eliminar, o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo. 3. Estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral. Esta ley de Higiene y Seguridad también establece las obligaciones del empleador y del trabajador en la relación laboral, así como también dispone las medidas que el empleador debe adoptar relativas a higiene y seguridad en los establecimientos.

Ley de Contrato de Trabajo 20.744

Esta normativa en el art. 17 prohíbe cualquier tipo de discriminación entre los trabajadores por motivo de sexo, raza, nacionalidad, religiosos, gremiales, y edad. La ley 26.592 (B.O. 21/5/2020) incorpora el art. 17 bis: “Las desigualdades que creara esta ley a favor de una de las partes, solo se entenderán como forma de compensar otras que de por si se dan en la relación”. El art. 81 de la LCT impone al empleador la obligación de dar igual trato a los trabajadores en identidad de situaciones y se prohíben las discriminaciones arbitrarias fundadas en razones de sexo, religión, raza. El art. 75 LCT obliga al empresario a adoptar aquellas medidas que, según el tipo de trabajo, la experiencia y la técnica sean necesarias para tutelar la integridad psicofísica debiendo evitar los efectos perniciosos de las tareas penosas o riesgosas en el trabajo.

Ley Antidiscriminatoria 23.592

Esta ley completa el art. 17 y 81 de la LCT, los cuáles no establecían cuales eran las consecuencias de su violación. En este sentido, quien impida, obstruya, restrinja, o de algún modo menoscabe el pleno ejercicio sobre bases igualitarias de los derechos y garantías igualitarias reconocidos en la Constitución Nacional, será obligado, a pedido del damnificado, a dejar sin efecto el acto discriminatorio o cesar en su realización y reparar el daño moral y material ocasionado.

Son numerosos los fallos de la justicia laboral aplicando la ley 23.592 en casos de despido discriminatorios o subsumiendo la reparación de daño material o moral que preve dicha ley con el derecho común y de la LCT. En un pronunciamiento la CNAT, en un caso de daño psicológico del trabajador por responsabilidad del superior jerárquico, hizo posible un clima laboral y hostil para el dependiente: Si la empleadora no garantizó la indemnidad psicológica de su dependiente al permitir un clima hostil y nociva para la salud, actuó culposamente habida cuenta que se ha comprobado la responsabilidad del superior jerárquico que implementó un clima hostil por el cual debe responder por resultar el titular de la organización y dirección de la empresa.

Ley de Riesgos del Trabajo 24.557

Los objetivos de la Ley de riesgos del trabajo son: 1. Reducir la siniestralidad laboral. 2.Reparar los daños derivados de accidentes y enfermedades profesionales, incluyendo la rehabilitación del trabajador. 3. Promover la recalificación y recolocación de los trabajadores damnificados.4. Promover la negociación colectiva laboral para la mejora de las medidas de prevención y de las prestaciones reparadoras.

La Ley 26.773 establece que la reparación de los accidentes y enfermedades profesionales constituyen un régimen normativo cuyos objetivos son la cobertura de los daños derivados de los riesgos del trabajo con criterios de suficiencia, accesibilidad, y automaticidad de las prestaciones dinerarias y en especie establecidas para resarcir tales contingencias.

La Ley de Riesgos del Trabajo imponen a la Aseguradoras de Riesgos del Trabajo obligaciones de hacer en procura de eliminar o reducir los infortunios, entre otras controlar el cumplimiento de las obligaciones de higiene y seguridad en el trabajo, denunciar los incumplimientos y denunciar obligaciones de mejoras para evitar o reducir la siniestralidad. A partir del 5 de marzo de 2017 rige la Ley 27348, su sanción impacta en el régimen de riesgos del trabajo, en el cual los problemas de salud derivados de los problemas psicosociales no son considerados enfermedades profesionales. Ratifica el paso por las comisiones médicas, dejando fuera de cobertura a las enfermedades profesionales no listadas en donde no exista causalidad directa o inmediata con el accidente ocurrido.

El sistema desconoce el Convenio 155 de la OIT aprobado por nuestro país por Ley 26.693 y su Protocolo (2.002) que en su artículo 1 inc. B- dispone que el término enfermedad profesional designa enfermedades derivadas de la exposición a factores de riesgo que resulten de la actividad laboral. Dicho esto, el sistema de reparación de los infortunios laborales vigente en el país debería adaptarse a la normativa internacional, siendo entonces indemnizables las enfermedades contraídas por exposición a factores de riesgos laborales.

Conclusiones sobre la legislación argentina

Después de haber analizado la legislación argentina, en materia de riesgos psicosociales en el trabajo, y su incidencia en la salud de los trabajadores, es insuficiente y está desactualizada.

Para nosotros la legislación está incompleta y atrasada, desconoce los riesgos químicos y psíquicos y mentales, pone el acento en los riesgos del trabajo antes que la salud de quienes lo deben soportar y no reconoce el derecho de los trabajadores de participar en la prevención.

El trabajador puede ocurrir a los instrumentos del derecho interno y buscar protección también en el orden internacional. Esto es de suma importancia, toda vez que no siempre hay armonía entre las distintas normas y las distintas normas y su aplicación, lo que podría perjudicar al trabajador. Así una norma interna favorece más al trabajador que una internacional, se debe aplicar el derecho interno. De lo contrario, un instrumento internacional beneficia al trabajador otorgándole derechos que no están garantizados estatalmente, estos se los deberían respetar y garantizar igualmente.

JURISPRUDENCIA

Es importante destacar los criterios jurisprudenciales que se han sostenido en las sentencias dictadas en los casos que se han presentado referidos a los temas que se han analizado en el presente trabajo. En este sentido en un reciente fallo del 24 de febrero de 2022 una ART indemnizó por burnout y estrés laboral, pese a que no están incluidos en el listado de enfermedades profesionales, y resolvió que corresponde condenar a una entidad bancaria a indemnizar a una trabajadora por el síndrome de burnout y el estrés padecidos como consecuencia de su actividad laboral, habida

cuenta que el empleador no adoptó medidas para prevenir situaciones de ambiente hostil en el establecimiento de trabajo, ni tampoco realizó exámenes médicos periódicos a la actora, responsabilidad que también le compete a la aseguradora.
Además, constituye criterio de la Sala la inclusión de enfermedades laborales en el listado previsto en el Decreto 658/96, dado que el Decreto 1278/00 legitima dicha posibilidad sin perjudicar derechos.
Fue lo resuelto por la sala VI de la Cámara Nacional de Apelaciones del Trabajo consideró que la trabajadora que sufrió estrés laboral tiene derecho a percibir las prestaciones de la Ley 24.557, aun cuando se trate de un padecimiento no incluido en el listado de enfermedades profesionales.
En el caso "Becalli, Rosana Elsa c/ Banco Comafi S.A. y otros/ accidente – ley especial", la mujer indicó que prestaba tareas en distintas áreas, que eran estresantes, con exigencia desmedida, malos tratos y demasiada presión en busca de mejores resultados económicos para la compañía. Esto adujo y derivó en un cuadro de burnout y estrés que no fue cubierto por la aseguradora, ya que no está incluido como enfermedad profesional. La reclamante encuadró su enfermedad en las leyes 24.557 y 26.773, planteó la inconstitucionalidad de los arts. 6 inc. 2; 8 inc. 3, 20 inc. 2o, 21, 22, 40, 46, 49, 50 y las disposiciones adicionales primera, tercera y quinta de la Ley 24.557 y art. 8 y 17 Decreto 472/14. La sentencia de primera instancia rechazó la demanda por considerar que los padecimientos psicológicos de la actora, constatados en las pericias, no guardaban relación de causalidad con las tareas desarrolladas en el demandado. Asimismo, consideró que los testigos carecían de idoneidad para acreditar los extremos invocados. La actora apeló la sentencia. De acuerdo a los testigos, hubo maltrato hacia la trabajadora. Los camaristas Luis Raffaghelli y Graciela Craig indicaron que los testigos, compañeros de trabajo de la reclamante durante extensos periodos de tiempo, relataron que "el estado de salud de la actora era delicado", que la vieron desmejorarse físicamente y psiquiátricamente, con pérdida de peso y del pelo por el estrés y que sufrió crisis de nervios, con llantos y otros padecimientos, durante el cumplimiento de sus tareas. Así, los jueces dedujeron que existió en el banco demandado un ambiente hostil, “incompatible con condiciones y medio ambiente satisfactorias de labor". Por ello, consideraron acreditado el nexo

causal de las tareas desempeñadas por la reclamante y la enfermedad sufrida.

Enfermedad reconocida por la OIT

"El síndrome de burnout si bien es una enfermedad no incluida en el listado del Decreto 658/96, la inclusión de enfermedades laborales originadas en los factores de riesgos psicosociales del trabajo fue reconocida por la OIT en el año 2010, incorporándose nueve años después en un Convenio, en ejercicio de su facultad legisferante global", añadieron. "A su vez la Recomendación 206 aprobada por la OIT estableció en el art. 8 que los riesgos psicosociales en el lugar de trabajo deben tener en cuenta los factores que aumenten las probabilidades de ocurrir, con especial atención en las condiciones y modalidades de trabajo, su organización y la gestión de los recursos humanos", agregaron. De esta manera, admitieron el reclamo de la prestación dineraria del art. 14. 2.a. de la Ley 24.557 porque se acreditó que la dependiente padeció estrés laboral o síndrome de burnout y que el empleador no adoptó medidas para prevenir situaciones de ambiente hostil en el establecimiento, ni tampoco realizó exámenes médicos periódicos, responsabilidad que también le compete a la aseguradora.

El deber de responder de la Aseguradora de Riesgos del Trabajo

Ha dispuesto la jurisprudencia respecto a la responsabilidad de la ART que, "Se encuentra probada la incapacidad laboral de la actora y su vinculación con el trabajo prestado para la empresa asegurada, que determina la existencia de una responsabilidad objetiva directa, sin posibilidades de excusación por parte de la aseguradora en el marco de la causa, y quedando eximida la empleadora". Esa obligación de resultado en el régimen legal vigente en materia de riesgos del trabajo ha sido transferida por la empleadora a su aseguradora, que por ende debe responder. "Del hecho de ser constitucionalmente inválido que la mentada prestación de la LRT origine la eximición de responsabilidad civil del empleador (art. 39, inc. 1), no se sigue que las Aseguradoras de Riesgos del Trabajo queden relevadas de satisfacer las obligaciones que han contraído en el marco de la citada ley. De tal suerte, este pronunciamiento

posibilita que el empleador pueda encontrar protección en la medida de su aseguramiento". Si bien no prosperó la acción con fundamento en el derecho civil para lograr una reparación mayor, ello -para los magistrados- no deslindaba la responsabilidad de la aseguradora en cuanto a las normas que establece el régimen legal de la Ley 24.557, de naturaleza tarifada y objetiva, y las obligaciones que en consecuencia establece.

Análisis de jurisprudencia.

Resulta importante destacar los fallos que a continuación se detallan:

En la causa "Borengiu Alexis c/ BBVA Banco Francés SA s/ despido" la sala I de la Cámara Nacional de Apelaciones del Trabajo, integrada por Diana Cañal y Miguel Pérez, confirmó la sentencia de primera instancia, que había hecho lugar a la indemnización por despido arbitrario respecto de un trabajador, que fue desvinculado por la empresa por abandono de tareas. La firma esgrimió que intimó al accionante en seis oportunidades y por un período de cuatro meses, para que retomara tareas, pero como no se presentó, se vio obligada a despedirlo con justa causa conforme el artículo 242 de la Ley de Contrato de Trabajo. Los jueces que componen el Tribunal evaluaron que el artículo 244 de la Ley de Contrato de Trabajo establece que "la empleadora si bien aportó elementos de prueba en este punto, no cumplió acabadamente con su facultad de controlar el ausentismo por enfermedad, en los términos de art. 210 de la LCT, De acuerdo al fallo, los testigos declararon que el empleado había tenido picos de stress y ataques de pánico. En ese orden los jueces reconocieron eficacia probatoria a los testimonios, "que dieron suficiente razón de sus dichos y si bien la demandada impugnó sus declaraciones, la misma no logró controvertirlos". La Cámara concluyó entonces que la empleadora "estaba anoticiada del estado de salud de actor al momento de finalizar el vínculo laboral", por lo que debía indemnizar.

Otro caso jurisprudencial a analizar en nuestra Legislación Provincial es el caso de: “CHIRINO, CARLOS WASHINGTON C/ F.M. SEGURIDAD S.A. Y OTS. S/ Enfermedad Accidente”

Causa radicada en la QUINTA CAMARA DEL TRABAJO, PRIMERA CIRCUNSCRIPCION DE MENDOZA PODER JUDICIAL

MENDOZA. En el mundo del derecho del trabajo el estrés laboral es la reacción que tiene un operario frente a las exigencias profesionales o laborales que no se ajustan a sus conocimientos y capacidades y que ponen a prueba su habilidad para afrontar la situación. Asimismo, para decidir los elementos de juicio apoyan el decisorio, el juez no está obligado a considerar todos los rendidos, sino sólo aquello que a mérito del soberano resultan esenciales para fundar jurídicamente la sentencia conforme la sana crítica y el juego de las libres convicciones. De la pericial médica surge que el trabajador padece una enfermedad accidente síndrome de estrés que encuadra como enfermedad profesional conforme el art. 6 de la LRT.

FERNANDEZ FRANCO DAMIAN C/ LIDERAR ART SA P/ ACCIDENTE. RADICADO ACTUALMENTE EN 5° CÁMARA LABORAL - PRIMERA CIRCUNSCRIPCIÓN DE MENDOZA PODER JUDICIAL MENDOZA
En materia de accidentes in itinere cuando el trabajador resulta víctima de un robo agravado camino a su lugar de trabajo, existe debida relación causal entre el accidente sufrido (situaciones traumáticas, estresantes, límite en las que ve en peligro su vida, con presencia de dolor, miedos y consecuencias físicas psicológicas de largo plazo) y las condiciones laborales, sumados los factores de ponderación (edad, tipo de actividad, etc.) en virtud de ello los magistrados concluyeron que frente a estas exigencias estresantes producidas por el accidente in itinere que tuvo consecuencias físicas psicológicas a largo plazo, se debía integrar en la reparación los riesgos psicosociales que el trabajador había estado expuesto.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado la legislación argentina, en materia de riesgos psicosociales en el trabajo, y su incidencia en la salud de los trabajadores, la que consideramos que es insuficiente y está desactualizada. Sostenemos que la legislación está incompleta y no está actualizada, desconoce los riesgos químicos y psíquicos y mentales, pone el acento en los riesgos del trabajo antes que la salud de quienes lo deben soportarlos y no reconoce el derecho de los trabajadores de participar en la prevención. No obstante, el trabajador puede reclamar estos riesgos, los que han sido reconocidos por la

jurisprudencia. Por lo expuesto, si de las probanzas aportadas por las partes surge que se encuentran suficientemente acreditados, tanto la incapacidad laboral de la actora y su vinculación con el trabajo prestado para la empresa asegurada, no hay posibilidad de excusación por parte de la aseguradora, quedando eximida la empleadora. Sabido es que, en el régimen legal vigente, en materia de riesgos del trabajo, la responsabilidad ante el reclamo ha sido transferida por la empleadora a su aseguradora, que por ende debe responder, ante la presencia de los riesgos psicosociales.

REFERENCIAS

Favier, D. (2015). *Situación del trabajador enfermo frente al débito laboral. Análisis jurisprudencial.* Rubinzal - Culzoni, Editores.

Ley 19.587 de 1972. LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Abril 21 de 1972. Boletín Oficial del 28/04/1972.

Ley 20.744 de 1974. LEY DE CONTRATO DE TRABAJO. REGIMEN. Septiembre 05 de 1974. Boletín Oficial No. 33574 del 27/09/1974.

Ley 24.557 de 1995. LEY DE RIESGOS DEL TRABAJO. REGIMEN LEGAL. Octubre 3 de 1995. Boletín Oficial No. 28242 del 04/10/1995.

Ley 26.994 de 2014. CODIGO CIVIL Y COMERCIAL DE LA NACION. APROBACION. Octubre 1 de 2014. Boletín Oficial No. 32985 del 08/10/2014.

Ley 27.320 de 2016. REGIMEN DE CONTRATO DE TRABAJO. LEY N° 20.744 - MODIFICACION. Noviembre 16 de 2016. Boletín Oficial No. 33523 del 15/12/2016.

Ley 27.348 de 1995. RIESGOS DEL TRABAJO. COMPLEMENTARIA DE LA LEY SOBRE RIESGOS DEL TRABAJO. Febrero 2 de 2017. Boletín Oficial No. 33574 del 24/02/2017.

Ley Provincial 9.017 de 2017. Adhesión de la Provincia de Mendoza a las disposiciones contenidas en el Título I de la Ley Nacional Nº 27.348 (complementaria de la Ley sobre Riesgos del Trabajo Nº 24.557). Noviembre 1 de 2017. Boletín Oficial de Mendoza del 02/11/2017.

Neffa, J. C. (2018). *Los Riesgos psicosociales en el Trabajo: el marco teórico de la Investigación.* Universidad Nacional del Nordeste.

Organización Internacional del Trabajo (2016). *Estrés en el trabajo: un reto Colectivo* (1ra ed.). Organización Internacional del Trabajo.

Raffaghelli, L., Contrera, J. G., Contrera, I. (2019). *Riesgos Psicosociales en el Trabajo. Una mirada desde el derecho y la psicología del trabajo.* Rubinzal - Culzoni, Editores.

* * *

PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN ANTE COMISIONES MÉDICAS COMO ETAPA ADMINISTRATIVA PREVIA Y OBLIGATORIA A LA INSTANCIA JUDICIAL

Juan Manuel Forquera

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza

Resumen: Pretende el trabajo analizar el quehacer y la importancia actual de la actividad cumplida por las comisiones médicas, organismos administrativos encargados de determinar la naturaleza laboral del accidente o profesional de la enfermedad, el carácter y grado de la incapacidad y el contenido y alcance de las prestaciones en especie. Comenzará haciendo un repaso del devenir histórico de la ley de riesgos de trabajo hasta llegar a la conformación de las comisiones médicas jurisdiccionales. Constituyen ellas, a partir del dictado de la ley N° 27348, una instancia administrativa previa al trámite judicial, de carácter obligatorio y excluyente de toda otra intervención en aquellas provincias que delegasen la jurisdicción administrativa al ámbito nacional a través de una norma de adhesión. Evaluará el presente estudio, la crítica doctrinaria actual, que, utilizando antecedentes jurisprudenciales de antigua data del máximo Tribunal de la Nación, ha pretendido tachar de inconstitucional el paso previo obligatorio determinado por la ley por ante las comisiones médicas. Comprenderá el estudio de la actividad cumplida en su ámbito por el Servicio de Homologaciones, encargado de validar y aprobar el procedimiento administrativo cumplido y homologar los acuerdos a los cuales se arribe por las partes intervinientes en el trámite. Procurará finalmente el trabajo, evaluar la oportunidad y pertinencia de la vía recursiva dispuesta por la legislación, centrando su mirada en la procedencia de los recursos previstos en el ámbito de la provincia de Mendoza, que adhiriese a las disposiciones fijadas por la legislación nacional a partir del dictado de la ley N° 9017. La metodología será teórico conceptual y las fuentes utilizadas comprenderán un examen doctrinario; jurisprudencial; y legislativo, abordando y meritando la legislación nacional y provincial vigente.

Palabras claves: Ley de Riesgos de Trabajo N° 27348, ley provincial N° 9017, Instancia administrativa, Comisiones Médicas, Servicio de Homologaciones, Recursos.

EL DEVENIR LEGISLATIVO

La introducción en la temática impone un breve repaso histórico del devenir legislativo en el marco de la ley de riesgos de trabajo. Digamos entonces que nuestra primera ley sobre accidentes de trabajo **(ley N° 9688**) se dictó en el año 1915, extendiendo su vigencia hasta el año 1991, siendo derogada por la **ley N° 24088**.

La ley 9688 completó el sistema de reparación integral del Código Civil al aparatarse del sistema de responsabilidad subjetiva (basada en el dolo y la culpa) y adoptar un sistema de responsabilidad objetiva, con el fin de que no hubiese daño sin reparación, buscando al responsable más cercano.

En ese contexto estableció la responsabilidad del empleador por accidentes ocurridos en el trabajo, salvo dolo o culpa grave de la víctima, posibilitando al empleador la contratación (en forma facultativa) de una compañía aseguradora y otorgando al trabajador siniestrado la opción (excluyente) de reclamar por la acción especial que contemplaba la ley de riesgos de trabajo en procura de obtener una indemnización por el accidente (o enfermedad) sufrida o de accionar civilmente (ante la justicia civil) en busca de una reparación integral (abarcativa no solo del daño físico sufrido) en caso de darse los presupuestos de la responsabilidad civil.

La ley **N° 24557**, sancionada en el año 1995, impone la “obligación” de los empleadores (ya no es una facultad) de contratar un seguro en entidades de derecho privados especializadas en riesgos de trabajo, las llamadas ART, excluyendo la responsabilidad del empleador como sujeto pasivo directo, eximiéndolo de responsabilidad salvo en caso de dolo conforme el art 39, y disponiendo la sustanciación y resolución de los conflictos fuera de la órbita del poder judicial, con el otorgamiento de facultades a las comisiones médicas a las cuales atribuye distintas funciones, entre ellas la de dictaminar el grado de incapacidad del trabajador, el carácter de la incapacidad (es decir, la calificación médico legal que determina si efectivamente se trata de un accidente o enfermedad profesional amparada por la ley) y el alcance y contenido de las prestaciones .

Procedimentalmente, efectuada la denuncia por el trabajador o su empleador ante la ART, si luego de ser atendido el siniestro por la compañía aseguradora aquel no estuviera de acuerdo con el alta otorgada o con el grado de incapacidad fijado, podía apelar dicha

resolución por ante la Comisión Médica interviniente en la zona del accidente, la que sometía al trabajador a evaluación. Las resoluciones de las comisiones médicas resultaban apelables por ante la Comisión Medica Central o ante el Juez federal con competencia en cada provincia.

La CSJN, a través de más de una docena de fallos a partir de 2004 hizo tambalear las bases sobre las que se sostenía la ley, determinado sintéticamente el derecho del trabajador a acceder libremente ante los Tribunal del trabajo para reclamar no solo por las indemnizaciones especiales determinadas por la ley, sino en busca de obtener un resarcimiento pleno (reparación integral) de los daños causados si se acreditaba los presupuestos de la responsabilidad civil, en consagración del principio constitucional de no dañar contemplado en el art 19. La reforma legislativa parecía imponerse ante los sucesivos embates de inconstitucionalidad a la normativa y lo resuelto en ese sentido por la CSJN, no obstante, la **ley N° 26773**, promulgada y publicada en octubre de 2012, restablece el derecho de opción excluyente con renuncia del trabajador y la competencia de la justica civil en los reclamos fundados en el derecho común, manteniendo el procedimiento administrativo por ante las comisiones médicas.

En torno al procedimiento y competencia de las comisiones médicas, la **ley N° 27348**, sancionada y promulgada en febrero de 2017, con vigencia a partir del mes de marzo del mismo año, complementaria sobre riesgos de trabajo, se apoya en cuatro pilares:

1- Atribuye carácter de tribunales administrativos a las comisiones médicas jurisdiccionales y a la Comisión Médica Central, con facultades de homologación de los acuerdos conciliatorios alcanzados.

2- Establece la obligatoriedad de la instancia administrativa previa.

3- Dispone que los recursos contra los dictámenes de comisión deberán establecerse por ante la Justicia ordinaria provincial e;

4- Invita a la adhesión de cada jurisdicción local a la misma.

La **resolución 298/17**, dictada por la Superintendencia de Riesgos de Trabajo, reglamenta el procedimiento a seguir por ante las comisiones médicas. Esa resolución (298/17) es completada por la

resolución 899-E/17 (08/11/17) que establece en su articulado disposiciones aclaratorias a la misma relativa a la conformación de las Comisiones Medicas, las funciones de sus miembros (secretario técnico letrado, profesional médico, titular del servicio de homologaciones, personal auxiliar) y la procedencia del trámite
La provincia de Mendoza, adhiere a las disposiciones de la ley N° 27348 a través de la **ley N° 9017** (art 1), señalando luego en su artículo segundo: "*Encomiéndese al Poder Ejecutivo Provincial a celebrar convenios de colaboración y coordinación con la SRT a los fines de que las comisiones medicas jurisdiccionales instituidas por el art 51 de la ley nacional N° 24241 actúen en el ámbito de la Provincia de Mendoza como instancia prejurisdiccional, cumpliendo con los lineamientos de gestión que fija el presente artículo*" y agrega en su segundo párrafo *" A tal fin se constituirá una Comisión Médica en cada circunscripción judicial (recordemos que son 4 las circunscripciones judiciales en el ámbito de la provincia de Mendoza), las cuales deberán actuar con objetividad y profesionalismo al momento de emitir su dictamen médico, asegurando la correcta a aplicación de las reglas que dispone la ley nacional N° 24557 y sus modificatorias para la cualificación del daño…"*

LOS EMBATES DE INCONSTITUCIONALIDAD AL TRÁMITE PREVIO OBLIGATORIO

En cuanto a las disposiciones de la ley de riesgos de trabajo, y en particular a la ley N° 27348 a la cual adhirió la provincia mediante la ley N° 9017, ciertos sectores han insistido en algunos planteos judiciales acerca del carácter inconstitucional del paso previo obligatorio por Comisión Médica.
El argumento más utilizado para fundar la posición contraria al "paso previo" es fallo de la CSJN en el caso "Castillo Ángel c/Cerámica Alberti" del año 2004. En dicha sentencia el máximo Tribunal se pronunció por la inconstitucionalidad del art 46 de la LRT que disponía la competencia federal para la revisión de las decisiones del ente administrativo, en el entendimiento que el juzgamiento de que las cuestiones del derecho de fondo constituían una cuestión no delegadas por las Provincias a la Nación; y que las ART eran entes particulares regidos por el derecho privado por lo que los conflictos con las aseguradoras no constituían materia

federal sino de derecho común; señalando finalmente que los jueces laborales ordinarios tendrían competencia en los casos en los que se ventilaran cuestiones relacionadas con accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Sin embargo, nótese que aquella sentencia jamás declaró la inconstitucionalidad del paso previo por comisión médica. En esa línea el fallo "Venialgo", sostuvo la competencia de los jueces laborales ordinarios de cada jurisdicción y no la de los jueces federales para entender en cuestiones relativas a la LRT, de modo similar a lo resuelto en el precedente "Castillo", pero tampoco se habló de las comisiones médicas en este caso.

Fue el fallo "Obregón Francisco c/Liberty ART" el que trató la intervención previa del ente administrativo. Señaló la Corte en este caso que mientras el procedimiento sea de índole federal no podrá ser impuesto como previo a la jurisdicción provincial. Por lo que cabe concluir que en el estado actual de cosas nada obsta a que una ley imponga la tramitación previa, obligatoria y excluyente de las comisiones médicas, siempre y cuando cada una de las legislaturas provinciales aprueben ese camino.

En ese sentido se expresó el fiscal de Cámaras en el fallo "Condori Gutiérrez Andry Joel c/Prevención ART SA" al señalar: …"*la reforma no colisionaría con la postura del Máximo Tribunal de la Nación en el caso Castillo, reiterada en los precedentes Venialgo y Marchetti, en tanto el art 4 de la ley N°27348 condiciona su aplicación a la expresa decisión de cada estado provincial y esta circunstancia aventaría una indebida intromisión en las autonomías provinciales, máxime si se repara que esta misma disposición requiere una expresa delegación en las leyes locales para que las comisiones médicas de ese ámbito sean la primera autoridad interviniente…"*

Los tribunales de la provincia de Mendoza, con similares fundamentos, han rechazado la generalidad de los planteos. En ese análisis se ha evaluado, en primer término, si el nuevo régimen viola el derecho de acceso a la justicia, contemplado constitucionalmente, a nivel nacional (art 18) y provincial (art 10), como en la convención Americana de Derechos Humanos (art 8), de rango constitucional.

En este sentido, se ha entendido que no aparece como evidentemente violatorio de la garantía de acceso a la justicia, la

organización de un procedimiento técnico administrativo, simple, expedito y eficaz del que resulte un pronunciamiento sobre el derecho del beneficiario, garantizando la ley la revisión judicial de lo que se decida, por vía recursiva, pero con la forma de acción ordinaria (conforme el art 3 de la ley N° 9017); vale decir, en un proceso amplio de conocimiento.
Tampoco luce irrazonable el trámite previo previsto por la ley, en tanto que la instancia administrativa prevista representa un seguro amplio y de determinación rápida, en la medida que el procedimiento administrativo tiene plazos muchos más acotados que los que comúnmente conllevan un proceso judicial.
La sala II de la CNAT se ha pronunciado por la razonabilidad del sistema establecido por la ley 27348 considerando (con remisión al precedente "Ángel Estrada y Cía. SA" de fecha 05/04/2005 dictado por la CSJN) que "*para evaluar la minusvalía del trabajador se necesitan de cuerpos médicos expertos, que actúen con independencia e imparcialidad, como ocurre con las comisiones médicas de la Ley de Riesgos de Trabajo, y que el procedimiento prevé, en lo esencial, la posibilidad de requerir la revisión judicial de lo que se decida*" (Expte N° 37907/17 "Burghi, Florencia c Swiss Medical ART SA 03/08/2017).-

LAS COMISIONES MEDICAS JURISDICCIONALES: OBJETIVOS Y FUNCIONES

La Superintendencia de Riesgos del Trabajo es un organismo creado por la Ley N° 24.557 que depende del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación y cuyo objetivo primordial se centra en garantizar el efectivo cumplimiento del derecho a la salud y seguridad de la población que trabaja.
Dentro del universo de funciones y tareas desempeñadas por la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, se encuentra aquella referida al control de las relaciones existentes entre las distintas compañías aseguradoras y los trabajadores accidentados. Con tal finalidad funcionan las Comisiones Medicas en el ámbito de la SRT.
En la actualidad, y de acuerdo a lo estipulado por la **resolución de SRT N° 513/14**, funcionan 47 comisiones médicas, distribuidas a lo largo y a lo ancho de todo el país, integradas por cinco médicos seleccionados mediante concurso público de oposición y

antecedentes. Con sede en la ciudad autónoma de Buenos Aires funciona una Comisión Medica Central, que actúa en grado de apelación frente a la impugnación formulada a un dictamen de comisión médica y cuya resolución resulta recurrible ante la Cámara Federal de la Seguridad Social.

Resulta oportuno recordar que un accidente de trabajo es un acontecimiento inesperado ocurrido en el trabajo o en el trayecto entre el domicilio del trabajador y el lugar de trabajo o viceversa (in itinere). Una enfermedad profesional es aquella producida por causa del lugar o del tipo de trabajo. Existe un Listado de Enfermedades Profesionales establecido por el Decreto Nº 658/96 y su norma modificatoria Decreto Nº 1167/03 en el cual se identifica el agente de riesgo, cuadros clínicos, exposición y actividades en las que suelen producirse estas enfermedades. Si la enfermedad no se encuentra en el listado y se sospecha que es producida por el trabajo, deberá el trabajador realizar la denuncia ante la ART, el Empleador Auto asegurado o el Empleador no asegurado, y será la Comisión Médica la que definirá si se reconoce la enfermedad profesional en ese caso. De conformidad con lo estipulado por el art 21 de la ley N° 24557 las comisiones medicas cumplen distintas funciones, entre ellas son las encargadas de dictaminar:

1)- El grado de incapacidad del Trabajador, para lo cual emiten un dictamen técnicamente fundado de conformidad con los procedimientos establecidos y con aplicación de los contenidos de las normas de evaluación, calificación y cuantificación de invalidez (baremos);

2)- El carácter de la incapacidad, es decir, la calificación médico legal que determina si efectivamente se trata de un accidente de trabajo o de una enfermedad profesional amparados por la ley de riesgos de trabajo;

3)- La naturaleza laboral del accidente o profesional de la enfermedad y el contenido y alcance de las prestaciones en especie.

Amén de las señaladas expresamente por la ley, las tareas que se llevan a cabo en cada una de estas dependencias son múltiples, y llevada a cabo por profesionales capacitados, tales como médicos y abogados. Algunas de las tareas más importantes de las comisiones médicas son:

- Actuar como mediadoras de las diferencias que pudiesen surgir entre las aseguradoras y los trabajadores, en relación a prestaciones estipuladas, indemnizaciones previstas y tratamientos médicos pactados por ley.
- Participan en los comités evaluadores de los trámites previsionales de ceguera y edad avanzada.
- Realizan el visado y reconocimiento de enfermedades preexistentes en los trabajadores, a solicitud del empleador.
- Reciben aquellas denuncias relacionadas con el incumplimiento de las normas de prevención incluidas en la Ley 24.557.
- Brindan asesoramiento en materia de accidentabilidad laboral, derivando aquellas consultas a los sectores pertinentes.
- Trabajan en conjunto con ANSES, realizando los trámites jubilatorios estipulados por la ley 18.037 derivados por dicho organismo.

EL TRAMITE POR ANTE COMISIÓN MÉDICA.

Los trámites pueden ser iniciados por el Trabajador, sus Derechohabientes o su Apoderado (con poder otorgado ante escribano público), la Aseguradora de Riesgos del Trabajo (ART), el Empleador Autoasegurado el incluso por el trabajador no asegurado o no registrado. Se inicia el trámite en la Comisión Médica (CM) que corresponda según el domicilio del trabajador

La presentación de la documentación podrá realizarse en forma personal o por vía postal, para lo cual se debe adjuntar una nota especificando por qué solicita la intervención de la Comisión Médica.

Trámite iniciado por el trabajador

a) Rechazo de la denuncia de la contingencia: El trámite lo inicia el trabajador (o sus derechohabientes) para que se analice la pertinencia del rechazo efectuado por la ART o EA de una contingencia denunciada y *con el objeto de establecer el*

carácter laboral del accidente o enfermedad. En caso de que comisión médica confirme el rechazo de la contingencia efectuado por la ART o EA por entender que la misma no reviste carácter laboral, quedará expedita la vía judicial. Para el supuesto en que el ente administrativo determine el carácter laboral del accidente o enfermedad denunciado, lo comunicará a la ART o EA a fin de que brinde las prestaciones correspondientes.

b) Divergencia en la determinación de incapacidad: En este caso, formulada la denuncia de siniestro ante la ART la misma no ha rechazado el suceso, otorga tratamiento al trabajador y finalmente otorgada el alta médica. La contingencia no resulta controvertida pero puede que la ART/EA haya determinado que *no existe incapacidad* resultante (brindó tratamiento, otorgó el alta y determino la inexistencia de incapacidad), o bien *no se hubiese expedido sobre la existencia de incapacidad* (solo brindó tratamiento y se limitó a otorgar el alta) o bien al cese de la I.L.T (periodo de incapacidad laboral temporaria-2años) *determine la existencia de secuelas incapacitantes pero no ha iniciado el trámite para que la comisión médica determine la incapacidad*.

c) Divergencia en el alta médica: En este caso el trabajador, frente al alta médica otorgada por la ART o EA inicia el trámite ante Comisión Médica por encontrarse en disconformidad con aquella. El ente administrativo determinará si el alta médica ha sido incorrectamente otorgada, caso en el cual deberá reingresar para continuar con el tratamiento médico por parte de la aseguradora o EA.

d) Divergencia en las prestaciones: El trámite se encuentra destinado a resolver la disconformidad del trabajador en torno al contenido y alcance de las prestaciones en especie recibidas por la ART o EA. Recibida el alta médica y en desacuerdo con el tratamiento recibido el trabajador solicita la intervención de Comisión Médica, quien determinará si el tratamiento brindado fue correcto o debe modificarse, caso en el cual deberá reingresar a la ART/EA.

e) Reingreso a tratamiento: Un caso similar pero distinto al anterior es el presente. Aquí el trabajador, recibida el alta médica no acude directamente ante el ente administrativo, sino

que solicita a la ART/EA reingresar a tratamiento. En tal caso la ART/EA cuenta con el término de 10 días para expedirse ante la solicitud. En caso de silencio de la aseguradora (o empleador autoasegurado) o bien frente al rechazo en término de la solicitud del trabajador, el trabajador acude ante el organismo administrativo, quien deberá determinar si necesita reingresar o no a tratamiento médico.

f) Rechazo de enfermedad no listada: Para el caso en el trabajador formule denuncia ante la ART/EA de una enfermedad profesional y se le rechace con fundamento en que la misma no se encuentra listada. La comisión médica evaluará si corresponde el rechazo con base en el decreto 658/96.

g) Solicitud de reconocimiento de enfermedad profesional (coronavirus): Frente al rechazo de la denuncia formulada a la ART/EA, el trabajador (diagnosticado de COVID) inicia el trámite ante Comisión Médica a fin de que evalué el carácter profesional de la enfermedad adquirida.

Trámite iniciado por la ART

a) Determinación de incapacidad: En este caso no se encuentra controvertido el carácter laboral del accidente o enfermedad denunciado y el trámite tiene por objeto establecer el porcentaje de incapacidad existente con posterioridad a la alta médica recibida. En tal caso la ART ha aceptado el siniestro y luego del tratamiento brindado considera la existencia de incapacidad, la cual somete a consideración del ente administrativo para que sea este quien la determine.

b) Acuerdo por incapacidad laboral permanente o fallecimiento. Destinado a someter a consideración de la Comisión Médica una propuesta de acuerdo (o convenio) arribada entre la ART/EA y el trabajador (o sus derechohabientes para el caso de fallecimiento del trabajador). La homologación otorgada al acuerdo por el Servicio de Homologaciones hará cosa juzgada en los términos del art 15 LCT. Sin embargo, puede suceder que (en caso de fallecimiento del trabajador) el acuerdo arribado en sede administrativa sea llevado a sede judicial cuando existan menores (sucesores del trabajador), por cuanto respecto de ellos resulta necesaria la participación del

Ministerio Público Fiscal y tal ente no actúa en sede administrativa.

c) Abandono de tratamiento: Para el supuesto en que el trabajador abandone el tratamiento médico que se encuentra recibiendo por la ART, puede la aseguradora solicitar la intervención de comisión médica con la pretensión de que el ente dictamine la suspensión de las prestaciones dinerarias ante la negativa del trabajador de recibir prestaciones en especie.

Trámite iniciado por el trabajador no asegurado o no registrado:

La SRT habilita la posibilidad al trabajador no asegurado o no registrado para someterse al trámite administrativo de modo voluntario (es facultativo entonces para el trabajador siniestrado) con el objeto de que el ente determine el grado de incapacidad que reviste producto del accidente o enfermedad profesional sufrida; o determine cuáles son las prestaciones en especie que debió recibir, para luego reclamarlas ante la justicia; o incluso habiendo recibido tratamiento médico por parte del empleador no asegurado se encuentra en disconformidad con el mismo.

El trabajador no registrado no está obligado a transitar la vía administrativa y en tal caso el dictamen de comisión constituirá un medio de prueba en un proceso iniciado contra la ART (que tenía asegurada a la empresa) en el que deberá acreditar primeramente la existencia de la relación laboral con su empleador, para luego reclamar las indemnizaciones correspondientes por el accidente o enfermedad a la ART que tenga contratada ese empleador (art 28 LRT).

A mi entender, aquel reclamo (contra el empleador para acreditar la existencia de la relación laboral) deberá transitar un proceso de conocimiento amplio (ordinario), no resultando pasible hacerlo por vía de acción declarativa puesto que la competencia reconocida para este tipo de acciones por el art 1 CPL (a partir de la modificación introducida por la ley N° 9109) lo es respecto de una declaración de derecho y no para el reconocimiento de una situación de hecho como la pretendida, para lo cual se requiere amplitud probatoria.

EL SERVICIO DE HOMOLOGACIONES

En el ámbito de las comisiones médicas jurisdiccionales, el art 3 de la ley N° 27348 creó el Servicio de Homologaciones, quien será el encargado de sustanciar y homologar los acuerdos por incapacidades laborales permanentes definitivas y por fallecimiento, previstas en la ley N° 24557 y sus modificatorias.

Aclara el art 3 de la resolución 899-E/17 las funciones del titular del servicio de homologaciones y señala en el punto a) *Emitir acto administrativo definitivo de la Comisión Médica Jurisdiccional en los trámites de "Rechazo de la Denuncia de la Contingencia", "Determinación de la Incapacidad" y "divergencia en la determinación de la Incapacidad*".

La normativa es clara y la vía administrativa concluye con el dictamen del Titular del Servicio de Homologaciones de modo que el cierre o finalización de la etapa administrativa se produce con el dictamen emitido por el Titular del Servicio de Homologaciones, que deberán exigir los Tribunales como requisito de admisibilidad formal de la demanda. Debo agregar que en sede administrativa rige el "principio de oficiosidad", por lo que el órgano administrativo debe impulsar de oficio el procedimiento, con lo que concluyo que si al observarse las actuaciones administrativas las mismas han finalizado con dictamen de comisión (cualquiera sea la resolución en que se funde) ordenándose luego el archivo, resulta cuestionable exigir al trabajador en sede judicial el cumplimiento de un requisito formal que debió el órgano administrativo dictar de oficio, dando conclusión al trámite.

Los recursos ante el fuero laboral provincial

La ley provincial N° 9017 establece en su **art 3** que "*Los recursos ante el fuero laboral provincial aludidos por el art 2 de la ley N 27348* (normativa que dispone que una vez agotada la instancia ante las comisiones médicas, las partes podrán solicitar su revisión por ante la Comisión Médica Central, tendiendo solo el trabajador la opción de hacerlo directamente por vía recursiva ante la Justicia Ordinaria) *deberá formalizarse a través de acción laboral ordinaria, dentro de los 45 días hábiles judiciales computados desde la notificación de la resolución emanada de la comisión médica jurisdiccional, bajo apercibimiento de caducidad".*

El mencionado plazo de 45 días para interponer demanda judicial ha sido sucesivamente tachado de inconstitucional en el entendimiento de que se trata de un instituto procesal que repercute directamente sobre el derecho material o de fondo, vulnerando el derecho de acceso a la justicia con el que cuenta todo justiciable.
Debe tenerse en cuenta que, tal como lo ha sostenido nuestro máximo Tribunal, toda formulación de inconstitucionalidad no puede tratarse de un mero planteo dogmático o representar una invocación genérica de agravios. Debe demostrarse de qué manera la normativa (que se considera inconstitucional) contraría la CN y cuál es el perjuicio irreparable que ocasiona.
Nuestros Tribunales provinciales se han expedido, en su mayoría, por la declaración de inconstitucionalidad del mismo (no siempre de manera unánime), en el entendimiento de que el plazo perentorio establecido implica la pérdida del derecho sustancial del actor (sujeto de preferente tutela), lo cual resulta inconciliable con la garantía constitucional de acudir y peticionar ante la justicia. A ello debe sumarse el hecho de que se encuentra en juego el derecho a la salud. En esa inteligencia, han sostenido, que una consecuencia procesal (de forma) estira sus efectos sobre el derecho material (de fondo), lo que resulta irrazonable, mas si se considera que la acción no se encuentra prescripta. Concluyen inteligentemente: es la perentoriedad del término y no su extensión lo que la convierte en inconstitucional.
La Suprema Corte de la Provincia de Mendoza se inclinó, en un principio, por la declaración de inconstitucionalidad del art 3 de la ley N° 9017 en sucesivos pronunciamientos: “Herrera” (18/09/2020); “Cáceres” (06/10/2020), “Olguín” (24/11/2020), entre otros.
No obstante, frente a decisiones disimiles, no solo en la instancia superior sino también en las distintas Cámaras del Trabajo de la Provincia y ante la necesidad de bregar por la seguridad jurídica, el máximo Tribunal en autos N° 010402-161169 caratulados “Provincia ART en J° 161169 Abaca Roxana Carina c/Provincia ART SA p/accidente p/recurso extraordinario provincial” ha convocado a Tribunal plenario a efecto de expedirse por la constitucionalidad o inconstitucionalidad del art 3 de la ley provincial N°9017. Luego dispone (la ley N° 9017) en su **art 4** que “… el trabajador deberá acompañar además de los requisitos señalados por el art 43 CPL, previo requerimiento del juez bajo sanción de

inadmisibilidad, los instrumentos que acrediten el agotamiento de la vía administrativa por ante la comisión médica, una certificación médica que consigne diagnóstico, grado de incapacidad y calificación legal y explicite los fundamentos que sustenten un criterio divergente al sostenido por la Comisión Medica jurisdiccional".

En caso de no acompañarse a juicio los elementos instrumentales que acrediten el agotamiento de la instancia administrativa previa, si bien los tribunales provinciales han adoptado como solución ordenar la suspensión del procedimiento hasta tanto se cumpla en forma acabada con los requisitos exigidos por el art 4 de la ley N° 9017; comparto dicha solución cuando el trámite ha sido iniciado pero no se encuentra agotado (como sucede cuando el trabajador acciona por ante la justicia con el dictamen emitido por Comisión Médica pero no se acompaña acto de clausura del Titular del servicio de homologaciones que da fin a las actuaciones administrativas)

Sin embargo, en caso de no haberse iniciado siquiera el trámite y se acciona ante la justicia (rara vez ya se presenta). En estos casos deberían declarar el Tribunal su incompetencia para tomar intervención, inhibiéndose de oficio para intervenir en la causa, puesto que la vía recursiva aludida por la LRT hace referencia a una hipótesis de apelación de lo decidido en instancia administrativa, por lo que el Tribunal carece facultades para resolver en un caso en donde nada se ha resuelto en "primera instancia" (instancia previa obligatoria), por cuanto no existe resolución que cause estado.

Dicho de otro modo, en materia de accidentes y enfermedades profesionales deberá el Tribunal efectuar un análisis de proponibilidad de la demanda, realizando no solo un control de forma sino de fondo, no solo un control de legalidad formal sino de legalidad sustancial, determinando que la ausencia de tránsito del trabajador por la vía previa obligatoria torna improponible la demanda instaurada.

Reitero, más flexible debe ser la posición cuando el trámite administrativo ha sido iniciado por el trabajador, pero no se acredita la clausura del mismo, ordenando en tales casos sí la suspensión del procedimiento por falta de un requisito formal subsanable (dispone la resolución de SRT 298/17 -art 14- que si la Comisión Médica Jurisdiccional determina un porcentaje de incapacidad y el

trabajador no está de acuerdo con lo resuelto, debe aguardar el trámite ante el titular del Servicio de Homologaciones que emita el acto correspondiente, quedando a partir de entonces expedita la vía recursiva prevista por el art 2 de la ley N° 27348).
Sin perjuicio de lo ya expuesto y lejos de pretender poner en tela de juicio el razonamiento del legislador en el trámite previsto, debo señalar que, a mi entender, en el caso en que el trabajador interpone demanda con el dictamen de comisión médica que indica que aquel no tiene incapacidad o bien que la misma resulta inculpable, la exigencia de acompañar a juicio el acto de clausura dictado por el titular del servicio de homologaciones resulta de un excesivo rigorismo formal puesto que, en primer lugar entiendo que la normativa hace referencia a un supuesto en el cual el ente administrativo determina un grado de incapacidad (y no cuando no lo hace) y en segundo lugar porque, sencillamente, nada hay para someter a homologación. El solo dictamen de comisión resultaría habilitante de la vía judicial en estos casos.

CONCLUSIÓN

En definitiva, en el esquema legal actual, el trabajador debe transitar la instancia administrativa previa y obligatoria, siguiendo un procedimiento expedito, con debido asesoramiento legal y por el que se garantiza el contradictorio entre las partes; para luego, por medio de acción ordinaria (lo cual asegura, con amplitud probatoria, el debate de su reclamo) acudir a la instancia judicial.
No deben los jueces desconocer los mecanismos adoptados por el órgano legislativo como políticas para propender a un mejor funcionamiento de los derechos en pugna, pues de otro modo el poder judicial se arrogaría facultades específicamente legislativas, que requieren decisiones de mérito, conveniencia y oportunidad ajenas a su competencia; y cualquier planteo de inconstitucionalidad deberá encontrar apoyo en un perjuicio concreto sufrido por el trabajador y no en meras alegaciones genéricas y dogmáticas.
Nuestro máximo Tribunal, tanto a nivel nacional como provincial, ha sostenido, reiteradamente, que la declaración de inconstitucionalidad de una norma es un remedio excepcional, la última “ratio” del ordenamiento jurídico o la sanción judicial más

fuerte que puede adoptar el poder judicial frente a la divergencia de una norma de carácter general, en consecuencia, debe advertirse, a tal efecto, con toda claridad y evidencia, la lesión de los principios constitucionales.

Las leyes en sí mismas no son inconstitucionales, pero pueden serlo en el caso concreto si el interesado que pretenda una declaración en tal sentido acredita la efectiva lesión de los derechos o garantías constitucionales que le asisten y que le causen un gravamen o perjuicio irreparable.

REFERENCIAS

Grisolía, J. A. (2017). *Tratado de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social* (2da ed., Tomo 3). Editorial Abeledo Perrot.

Ley 24.557 de 1995. LEY DE RIESGOS DEL TRABAJO. REGIMEN LEGAL. Octubre 3 de 1995. Boletín Oficial No. 28242 del 04/10/1995.

Ley 27.348 de 1995. RIESGOS DEL TRABAJO. COMPLEMENTARIA DE LA LEY SOBRE RIESGOS DEL TRABAJO. Febrero 2 de 2017. Boletín Oficial No. 33574 del 24/02/2017.

Ley Provincial 9.017 de 2017. Adhesión de la Provincia de Mendoza a las disposiciones contenidas en el Título I de la Ley Nacional Nº 27.348 (complementaria de la Ley sobre Riesgos del Trabajo Nº 24.557). Noviembre 1 de 2017. Boletín Oficial de Mendoza del 02/11/2017.

Ojeda, R. H. (Ed.). (2018). *Ley de Contrato de Trabajo. Comentada y Concordada* (2da Ed.). Editorial Rubinzal Culzoni.

Vázquez Vialard, A. (2002). La tonificación de un régimen legal desahuciado. *Revista de Derecho Laboral, 1*, 339-360.

* * *

AUDIENCIA PRELIMINAR DEL ART. 51 DEL CÓDIGO PROCESAL LABORAL DE LA PROVINCIA DE MENDOZA

Viviana Elizabeth Gil

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza
vgil@ jus.mendoza.gov.ar.

Resumen: El presente trabajo tuvo por objetivo analizar el impacto que introdujo la reforma de la Ley 9.109 en el proceso laboral. Como influyó la incorporación de la Audiencia Inicial en el desarrollo de los procesos laborales. El material utilizado fue tanto el Código Procesal Civil como el Código Procesal Laboral anterior a la reforma y por lógica consecuencia las leyes que los reformaron Leyes 9.001 y 9.109 respectivamente. Ambas Leyes reformaron ambos Códigos Procesales, introduciendo importantes reformas, que en lo que nos atañe. Este trabajo se refiere y me centraré en la Audiencia Preliminar que, en el caso en estudio, a través de la norma del Art. 21 de la Ley 9.109, modificó el art. 51 del CPL e introdujo el nuevo Art. 51, donde regula esta Audiencia Preliminar a través de sus cinco Incisos. Como resultado se obtuvo, a través de un método comparativo lograr verificar los beneficios procesales que se manifestaron en los resultados de las homologaciones de los acuerdos logrados a través de las conciliaciones celebradas en dichas audiencias en ambos procesos, tantos civiles como laborales y de tal modo se logró demostrar cómo se agilizaron los procesos a lo largo del tiempo obteniendo mayores resultados a corto plazo.

Palabras claves: Acuerdo. Conciliación previa. Pruebas. Celeridad. Eficacia. Oralidad. Participación del Juez. Herramientas.

INTRODUCCIÓN

La norma del art. 51 del CPL, fue incorporada por el Art. 21 de la Ley 9.109, el cual modificó el CPL de la Provincia de Mendoza, fue dictada en Mendoza el 23 de octubre de 2018, y publicada en el Boletín Oficial, el día 25 de octubre de 2018, para entrar en vigencia a partir del 1 de noviembre del año 2018 (Art. 42), para todos los procesos iniciados a partir de esa fecha. Una de las modificaciones más importantes, que introdujo esta ley, entra tantas otras, fue la

incorporación de la Audiencia Inicial, como se la suele llamar comúnmente, tema que será tratado en este trabajo. ¿Que introdujo dicha audiencia o cual es la nota característica de la misma que fue tan importante en esta serie de reformas que se venían haciendo tanto en sede laboral como en sede civil? Esta audiencia como eje central introdujo la oralidad, en sede civil, hecho que no existía en dicho tipo de procesos, de allí la importancia de esta modificación, dado que era un proceso netamente escrito.

Como antecedente legislativo, el 30 de agosto del 2017, se dictó la ley 9.001, modificatoria del CPCCYT de la provincia de Mendoza, publicada en el Boletín Oficial el 12 de septiembre del 2017, para entrar en vigencia según el Artículo 374, a partir del 1 de febrero del año 2018, para todos los asuntos que desde esa fecha se promuevan. Esta última norma, incorpora como eje principal entre sus modificaciones, la oralidad como modalidad en el proceso civil, el cual era totalmente escrito. Si bien el Proceso laboral, tenía un tinte de oralidad en su parte final, en la llamada Audiencia de Vista de Causa, a diferencia del Proceso Civil, el mismo **era netamente escrito.** Al incorporarse esta modificación, la misma fue muy importante, por no decir revolucionaria, al darle una mayor participación al Juez Civil desde el comienzo del proceso, hecho que antes no lo tenía de ninguna manera. Es decir, de este modo se le permite tener una intervención más activa y participativa, al Juez Civil, durante el proceso lo cual se vio plasmado a través de la norma de los artículos número 172 y 173 del mencionado cuerpo legal.

En la norma del Art. 172 se introdujo la AUDIENCIA INICIAL y en el siguiente el contenido de la misma. De allí que esta modificación que introduce la Ley 9.001 es tan importante, atento la inexistencia de dicha audiencia preliminar en el Proceso Civil, el cual era un proceso netamente escrito, de allí el cambio radical en la temática de dicho proceso civil, tanto en la mentalidad el Juez, como de los abogados civilistas, lo cuales no estaban acostumbrados a esta etapa conciliatoria previa, ni a la intervención del Juez durante el desarrollo del proceso, fue tan relevante.

Esta Audiencia inicial, no solo fue muy beneficioso para el desarrollo del proceso, sino también para la celeridad en cuanto a la resolución de las causas, ya que hubo una gran cantidad de conciliaciones, transacciones y arreglos en dichas audiencias preliminares, con la

consiguiente disminución de largos y tediosos procesos, dándole al justiciable una solución más rápida a sus reclamos e intereses.
Con el tiempo y con el uso de estas nuevas medidas y herramientas procesales, se puedo ir vislumbrando en la práctica, que las causas, se iban solucionando más rápido, había un mayor índice de conciliación de los procesos civiles, con este tipo de audiencias y por otro lado, se acortaron notoriamente los plazos procesales en cuanto a la duración de los procesos. Una vez efectuado este paneo preliminar de la situación procesal en materia Civil, que es donde primero se aplicó esta nueva figura, procederé ahora analizar qué es lo que sucedió en material laboral. Tal como se anticipara, a fin de tratar el tema, se tuvo que abordar ambos Códigos Procesales, es decir el Código Procesal Civil como el Código Procesal Laboral y luego los nuevos Códigos Procesales reformados a través de las Leyes 9.001 y 9.109 respectivamente, a fin de poder verificar cuales fueron las reformas importantes que hicieron y que impacto introdujeron en el tema en estudio. Así fue que me centré en la Audiencia Preliminar que, en el caso en estudio, a través de la norma del Art. 21 de la Ley 9.109, modificó el art. 51 del Código Procesal Laboral e introdujo el nuevo Artículo mencionado donde regula esta Audiencia Preliminar a través de sus cinco Incisos los cuales serán analizados en su particularidad.

AUDIENCIA PRELIMINAR EN EL FUERO LABORAL

En este fuero el Proceso de Conocimiento, tiene ahora dos tipos de audiencias: la **Audiencia Preliminar**, incorporada en la norma del art. 51 del CPL, donde tiene como objeto principal conciliar la causa y en su caso producir la prueba y la **Audiencia de Vista de Causa**, que es la audiencia final, donde se recibe y se produce la prueba que no se produzca anteriormente, tales como la testimonial y la confesional, para luego de recibir los alegatos pasar a dictar Sentencia. Ambas audiencias son dirigidas en forma unipersonal por uno de los Jueces del Cuerpo Colegiado, esto aclarando lo dispuesto por la norma del art. 1, inc. III del CPL, donde refiere expresamente que a los efectos de la Competencia, las Cámaras del Trabajo, se integrarán al menos en tres Salas Unipersonales, a fin de acelerar los procesos, cuando se trate de expedientes que no requieren de complejidad para su resolución o las partes así lo soliciten, lo cual hace una participación más activa del Juez laboral,

en la causa, dado que el mismo se compromete desde el inicio de la misma.
Respecto de la **primera audiencia**, la cual fue introducida por la norma del art. 21 de la ley 9.109, la cual es objeto de este trabajo, la misma tiene como OBJETO principal, entre otras, la de **conciliar, depurar prueba y organizar la actividad probatoria con actuación oral y registración por escrito.** Si no se logra, pasa a la etapa de admisión de prueba, una vez que es depurada.
Esto en la práctica se plasma de la siguiente manera: llegado el día de la audiencia, una vez que las partes son debidamente notificadas en sus domicilios tanto legales como reales, atento que deben comparecer personalmente, se abre la audiencia en presencia del Juez, se le pregunta a las mismas si hay voluntad de conciliar, si es así se trabaja en el acuerdo, se arrima a las partes en cuanto lo que es materia de discusión, escala salarial, jornada de trabajo, análisis de las pruebas que favorece a cada parte, determinación del porcentaje de incapacidad, fecha de la primer manifestación invalidante, etc., las últimas para el caso de los accidentes o enfermedades profesionales.
Es necesario destacar para los casos de Expedientes de Accidentes o Enfermedades Profesionales, a dicha audiencia se llega previamente con un Dictamen pericial médico ya informado, prueba que es de suma importancia, a los efectos conciliatorios, dado que ya se tiene un dictamen oficial, imparcial y objetivo que puede anticipar el resultado de la causa.
Para el caso de expedientes por Despido, en virtud de la Incorporación temprana de prueba, se emplaza previamente a las partes, a fin de que incorporen toda la prueba que sea necesaria y que obre en su poder, tales como recibo de haberes, libros de sueldos, legajos personales, etc.
Este tipo de prueba, se pudo incorporar, como consecuencia del instituto “incorporación Temprana de Prueba”, la cual fue permitida justamente por esta norma en estudio, introducidas, en **su inc. V ap. e),** donde le da facultades al Juez de incorporar prueba de oficio si la considera necesaria, en búsqueda de la verdad real. Todo ello fue avalado también a través de una **Acordada de nuestro Superior Tribunal N°29.283.**
Al respecto la noma en estudio expresamente refiere que luego de contestado el traslado del art. 47 del CPL, se puede sortear perito

médico de la especialidad, debiéndose fijar esta audiencia inicial, luego de dicho informe. En la práctica en realidad, se sortea perito, se realiza la pericia médica y se llega a dicha audiencia ya con el Dictamen Médico, el cual puede ser observado por las partes. Una vez contestadas las observaciones, por el galeno, llega por tanto depurado el informe, de allí la importancia del mismo a los efectos conciliatorios. Si se llega a un acuerdo, se labra el convenio respectivo, homologándose por ante el mismo Tribunal, en base a lo expuesto en la pericial médica, si fuese tal como se anticipara un caso de accidente o enfermedad profesional, pasando en autoridad de cosa juzgada, dándose por concluido el proceso.
Si no se llega a un acuerdo, se generan un Plan de trabajo, en cuanto a determinar cuál es el objeto o traba de la Litis y como consecuencia de ello verificar cuales son los elementos de prueba necesarios y conducentes a los efectos de lograr probar cada parte su pretensión, para ello se determina de común acuerdo entre las partes, cuales pruebas son pertinentes y quedan pendientes de producir a los efectos de seguir avanzando en la causa.
La pertinencia de la prueba ha sido definida por Palacio, como la "adecuación entre la prueba y los hechos controvertidos". Podetti habla de pertinencia "...en el sentido de encaminarse con carácter exclusivo a demostrar los hechos controvertidos."(PODETTI, Ramiro, *Teoría y Técnica del Proceso Civil, p. 231*). La necesariedad, aplicada a la prueba, en la obra citada, es la "idoneidad o eficacia para crear en un caso concreto la convicción del Juez sobre la verdad de los hechos afirmados por las partes".
En definitiva, en dicha audiencia se concluye finalmente cuales son las pruebas que son suficientes y determinantes para cada parte a fin de demostrar cada uno sus propósitos en la causa. Luego en dicha Audiencia, queda determinada y fijada la fecha de Vista de Causa, la importancia de esta fecha es también muy relevante, atento que las partes ya en ese estado del proceso, pueden saber cuándo el proceso llega a su fin, atento que ya tienen un cronograma y un panorama general de la duración del expediente, cuando estimativamente pueden llegar a tener Sentencia, es decir pueden tener una noción, en cuanto al modo en que se va a ir desarrollando el proceso, ya sea en cuanto al tiempo que les queda para producir pruebas, dado que se les fija un plazo, como la fecha

fijada para la audiencia de Vista de Causa y cuando tendrían Sentencia.
Es decir que tanto el trabajador como el demandado, se retiran de la audiencia con un panorama claro de los plazos legales en cuanto al resultado del proceso. Esto es muy importante, ya que si por algún motivo las partes pueden vislumbrar que no alcanzan a producir la prueba que les resta en el plazo fijado, pueden solicitar al Tribunal, una prórroga del mismo, a fin de que se les extienda el plazo para producir prueba necesaria, para probar sus pretensiones y no ver vulnerados sus derechos.
Siguiendo con la temática abordada de las 2 audiencias, seguiré con la **Audiencia de Vista de Causa**, que es aquella que se toma en la parte final del proceso, donde se reciben las pruebas orales, es decir aquellas que no se hayan producido durante el transcurso del proceso, recibiéndose solo la absolución de posiciones y las testimoniales. Las mismas son tomadas en audiencia oral y video grabada, recibiendo los alegatos pertinentes, los cuales pueden ser recibidos en forma oral o escrita de acuerdo a lo que decida el Juez de la causa, en base a la petición de las partes. Allí hay el proceso es netamente oral, para luego terminar con un registro por escrito de la audiencia donde firman las partes comparecientes, el secretario y Juez interviniente. Luego de recibidos los pertinentes alegatos, para el caso que hayan sido orales, se labra el acta pertinente y se dicta el llamamiento de autos para dictar Sentencia.

a) Partes de la Audiencia Preliminar
El art. 51 del CPL, tiene V incisos tema en cuestión.
En el **inc. I)** establece cuando se fija la Audiencia Inicial. Así refiere que: cumplidas las etapas previas, si el Tribunal considera que las actuaciones son suficiente para resolver el litigio o la cuestión es declarada de puro derecho, así será declarado por el mismo de oficio o a petición de parte. Ello será resuelto **mediante Auto**, el cual puede ser recurrido, mediante Recurso de Reposición, con efecto Suspensivo. Ello quiere decir, si alguna de las partes no está de acuerdo, lo recurre, se suspenden los plazos hasta tanto sea resuelto. Una vez definido, se reanudan los plazos y el Juez está en condiciones de dictar Sentencia. A que se refiere con cumplidas las etapas previas. Se sabe que, para llegar a esta etapa de la audiencia preliminar, ya se debe haber trabado la Litis, esto significa

que se debe haber interpuesto la Demanda y por lógica consecuencia se debe haber contestado la misma y corrido el pertinente traslado a la parte actora. O sea, una vez cumplida esa etapa procesal, donde la parte demandada tuvo la oportunidad de ser oída, pudo ejercer su derecho de defensa y ejercer el debido proceso, se puede fijar esta audiencia inicial. Luego de ello, si a criterio del Tribunal, el tema en cuestión, se puede resolver tal y como está planteado sin necesidad de producir prueba alguna o se ha declarado la cuestión de puro derecho, el Tribunal puede llamar Autos para Resolver y expedirse al respecto.
Contra dicha decisión del Tribunal, las partes pueden oponerse recurriendo dicha resolución, la cual nuevamente tiene efecto suspensivo, es decir mientras se tramite dicho recurso, se suspenden los plazos y no se puede seguir adelante. Hace una aclaración el Código, para el caso de acumulación objetiva de acciones, es decir cuando se haya demandado **dos o más acciones por un mismo motivo,** que puedan ser escindibles (separables) y haya existido algún acuerdo previo con alguna de las partes, por eso refiere que sean escindibles, el Juez podrá resolver parcialmente el proceso, sobre alguna de ellas y seguir el proceso con el resto. Una vez resuelta, causa ejecutoria y no se puede seguir sobre ella y si seguir con las otras. Si alguna de las partes, por algún motivo, no cumple se puede seguir con el procedimiento de ejecución de sentencia.
En el **inc. II),** se refiere al caso que existan hechos controvertidos, una vez vencido el plazo dispuesto por la norma del art. 47 del CPL (3 días o 6 si se han interpuesto excepciones previas) o del art. 49 en su caso, (vencido el plazo de prueba para el caso que se hayan planteado excepciones previas) el Tribunal fijará esta audiencia en un **plazo no mayor a 20 días**. Respecto al plazo, el mismo fue muy cuestionado, en virtud de que los Tribunales están muy colapsados de expedientes que no se alcanza a fijar la audiencia en tan corto plazo, por lo que se dictó una Acordada donde en un primer momento se prorrogó dicho plazo a 180 días, para luego ser reducida a 120. Actualmente es un plazo que a veces cuesta cumplir estrictamente, dado que se superpone con las audiencias de Vista de Causa, que ya se tenían fijadas con anterioridad a la modificación del código, pero se ha efectuado un gran esfuerzo y se está trabajando mucho en ello para reprogramar todo el

cronograma de audiencias a fin de poder cumplir con el plazo de ley, dado el gran resultado que se ha visto reflejado de las mismas. El artículo menciona claramente donde se debe notificar esta audiencia, tanto al REAL como al procesal electrónico de los litigantes y al domicilio legal electrónico de los asesores letrados. La notificación dirigida al trabajador debe hacerse en un lenguaje sencillo, debiendo indicar claramente en que consiste la audiencia, para cuando la misma, llegue a su domicilio entienda el contenido y objetivo de dicha notificación. De esa manera el trabajador pueda comparecer a la audiencia, sabiendo y conociendo la importancia de su presencia en dicho acto procesal y la relevancia de la notificación.

Es muy importante la presencia de las partes en forma personal, tanto del actor como del demandado, en esta etapa conciliatoria, ya que el hecho de poder hablar con los mismos, de manera directa y personal, a los efectos de poder transmitirles las diferentes propuestas como el hecho de poder escucharlos y escucharse los mismos, sin intermediarios y en la presencia del Juez, hace que el ámbito y el ambiente sea muy diferente entre las partes.

Es notorio como cambia el ambiente, cuando las partes pueden hablar en presencia del Juez de la Causa, ya no solo en presencia de sus abogados, es como que ambas partes se sienten escuchados, legitimados y que cualquier resolución que se pueda llegar a tomar es como más imparcial. Esto en la generalidad de los casos, porque hay otros casos en que no se logra que las partes puedan llegar ni siquiera sentarse ni cerca, pero son excepcionales, estos casos.

En el **inc. III)** detalla quienes deben comparecer y que sucede si no lo hacen. Destacando como regla general, que deben comparecer en forma personal, estipulando que solo en forma excepcional podrán comparecer por medio de sus representantes, con suficientes facultades o instrucciones para el desarrollo de la audiencia. La falta de instrucción, no es suficiente para suspender la audiencia. La única excepción que prevé para suspenderla, es la prevista en el art. 48 inc.4) del CPCCYT, que prevé que los litigantes, solo se pueden hacerlo por única vez y por un plazo no superior a tres meses, de común acuerdo. Para el caso de fuerza mayor, debidamente acreditada, si una de las partes no pudiera

comparecer, ni dar instrucciones a sus representantes, podrá diferirse la audiencia por una sola vez, dentro del plazo de 6 meses. En el **inc. IV)** explica los casos de incomparencia injustificada de alguna de las partes, estipulando que no se suspenderá realizándose con la parte que comparezca. El Tribunal ordenará la producción de la prueba de la parte compareciente y fijará Audiencia de Vista de Causa. En caso de incomparencia del trabajador, el Tribunal ordenará la producción de la prueba que haga a su derecho. Una vez terminada la audiencia, dispone que no se podrá plantear por las partes ninguna cuestión, que no se haya planteado en la misma. Luego dispone algo muy importante y que antes no se había previsto, que es para el caso de que ninguna de las partes comparezca se ordenará el ARCHIVO de las actuaciones, notificándose a las partes en el domicilio real, en un lenguaje sencillo para que el trabajador entiende el contenido y consecuencia de la misma.

Esta medida, es de mucha relevancia, atento que la no comparencia da por terminado el proceso. Esto significa la importancia que se le quiso dar, con esta modificación a esta audiencia y a esta etapa del proceso, de allí que la obligación de la comparencia personal de las partes a la misma, la debida notificación al domicilio real, que sea en un lenguaje claro y sencillo, a los efectos de que puedan entender el contenido e importancia, de la notificación cuando les llegue y hacerlos partícipes de la comparencia a dicha audiencia.

Finalmente, en el inc. V) describe el contenido de la audiencia preliminar, la cual refiere será dirigida en forma indelegable y bajo de pena de nulidad, por el Juez de la Sala que intervenga, quien deberá continuar interviniendo en la causa, hasta el final de la Vista de causa.

Aquí se destaca la importancia del rol activo del Juez, quien interviene de manera personal, al hablar de manera directa con las partes, a quienes escucha, y se compromete con la solución del caso.Esta parte es muy importante, dado que, al intervenir en esta audiencia, las partes se sienten escuchadas, tanto por la otra parte como por el propio Juez, donde muchas veces, es la primera vez que las partes, se ven cara a cara, pueden hablar sin violencia, sin intermediarios o en un ambiente o en un marco de tranquilidad de amabilidad, donde les aseguran ciertos límites, cierta seguridad donde se sienten tranquilos y escuchados, hechos que quizás antes

no lo habían podido lograr. Esto se debe a que el hecho que se haga en un Tribunal, ante la presencia del Juez, de un secretario, o de un auxiliar del Juzgado, donde tienen que respectar ciertas reglas, en un marco de seguridad, muchas veces hace que el conflicto original se vaya desvaneciendo de a poco, para mirar el mismo desde otra óptica y comiencen a estar un poco más tranquilos y más seguros.
Ap. a y b) Expresa que una de las primeras finalidades de esta audiencia, es la de conciliar u buscar una justa composición de los interese en conflicto.
Sigue diciendo el inciso, que también se pueden rectificar errores materiales en que se hubieran incurrido tanto en la demanda como en la contestación (errores que puedan ser subsanados) es decir aquellos en que hubieren incurrido algunas de las en sus correspondientes presentaciones y si no se sigue la causa según su estado, se admiten las pruebas y se sigue adelante. Cuando se refiere a los errores, se habla de aquellos errores que puedan ser subsanables, no errores que hacen al objeto principal de la causa, es decir algún error de tipeo, algún error en el nombre de alguna de las partes, o del algún testigo, pero que no sea relevante y que no se quiera cambiar a un testigo por otro. Por lo que se concluye en este inciso que, si no hay ninguna voluntad de las partes en conciliar o en aunar intereses, se sigue adelante y no se obliga a nadie a que intente conciliar.
Ap. c) Sigue diciendo que otro de los temas importantes a resolver en dicha audiencia, son las excepciones de previo y especial pronunciamiento. Esto es muy importante, porque depende del tipo de excepciones, muchas veces se soluciona el proceso en dicha etapa y se puede dar por concluido.
Contra dicha resolución, se puede interponer recurso de reposición, con efecto suspensivo, una vez resuelto, se sigue con la causa.
Así por ejemplo si plantea una Litis pendencia, varias causas por un mismo motivo, una incompetencia o cosa juzgada.
Ap. d y e) Una vez resueltas todas estas etapas previas, el juez luego de escuchar a las partes, queda la causa lista para determinar cuál es el objeto de la Litis y determinar las pruebas sobre las cuales versará la misma, es decir queda delimitados los hechos controvertidos. De allí que de común acuerdo las partes determinan, que pruebas son necesarias para probar cada pretensión alegada, por lo que deciden que prueba de las ofrecidas son necesarias. Por

ejemplo, si ninguna ha negado las cartas documento enviadas y recibidas, el oficio dirigido al Correo, no es necesario producirlo. Sucede lo mismo con el oficio al Sindicato, para obtener el sueldo de CCT, si las partes pueden acompañar la Escala Salarial o el mismo Tribunal puede obtenerlo de internet. El oficio a la AFIP para que informen si se han efectuado los aportes al trabajador, tampoco sería necesario si la demandada lo ha acompañado a la causa, o si el trabajador con su clave fiscal lo puede obtener de internet, no siendo tampoco necesaria si el trabajador estaba en negro, existiendo basta jurisprudencia al respecto, etc.
Con lo cual quiero graficar como de esta manera, el cúmulo de pruebas que antes hacía demorar el proceso enormemente, esperando largo tiempo que respondan esos oficios, ahora se ve disminuido solo a una prueba pericial contable, cuando es verdaderamente necesario, porque si es para un expediente de accidente o enfermedad profesional, el IBM puede ser calculado por Contadores de Cámara si el actor ha acompañado los recibos de haberes, o si ha pasado por las Comisiones Médicas, se puede verificar en la documentación allí tramitada, cual es el IBM que la ART tiene denunciado por el empleador. Finalmente, la prueba queda limitada a la testimonial y confesional que se recibirá en la audiencia de Vista de Causa o algún oficio a una dependencia que no se haya podido diligenciar anteriormente como prueba temprana.
Todo lo mencionado, se suele llamar en el lenguaje tribunalicio, como pulir o peinar la prueba, es decir verificar cual es la prueba que resulta pertinente, necesaria y útil para verificar y probar los hechos controvertidos. Si el juez rechaza alguna prueba que considere que es impertinente o innecesaria, la misma puede ser recurrida por las partes, pero en este caso es sin efecto suspensivo, lo cual significa que se sigue con la causa mientras se tramita el recurso.
Ap. f) Sigue diciendo la norma en estudio, que el juez puede ordenar prueba de oficio, en base al principio de búsqueda de la verdad real, esto en un todo de acuerdo a la norma del art. 19, el cual refiere que el tribunal tiene facultades suficientes por el orden público laboral, de tomar medidas amplias de investigación de los hechos sometidos a su decisión, debiendo fijar el plazo en el que se va a producir la prueba, que no se rinda en la Vista de Causa, bajo

el control de ambas partes del proceso, cumpliendo con el derecho de legítima defensa y debido proceso (art. 19 de la CN).
Este plazo se podrá ampliar prudencialmente por el Tribunal a petición de parte. Excepcionalmente, a criterio del Tribunal, dicho plazo podrá ampliarse nuevamente, cuando NO se haya alcanzado a producir y considere que dicha prueba sea fundamental para la resolución del proceso, concediéndosele un nuevo plazo.
Ap. h) Finalmente, refiere la norma que se fijará fecha de vista de causa, de común acurdo con las partes, de acuerdo a las características del caso. Esta situación es sabido que es casi imposible, dado que el Tribunal tiene un cronograma de audiencias o una agenda con fechas de audiencias fijadas en orden cronológico que respetar, de allí que no se puede fijar normalmente de común acuerdo. Aclara el artículo en dicho apartado que todo lo que se haya trabajado o tratado en dicha audiencia, no podrá ser tomado como adelanto de opinión, a los fines de una eventual sentencia. Esto significa que el Juez puede haber manifestado que hay antecedentes en el tribunal o en las otras Salas del mismo, respecto de los hechos tratados en el caso, pero eso no significa que esté adelantando opinión, ni que vaya a resolver de tal o cual forma, es decir que todo lo que se haya manifestado en la audiencia no será tomado de ningún modo como anticipo del resultado del juicio, ni adelanto de opinión del magistrado.

CONCLUSIÓN

A modo de conclusión se puede referir que esta modificación introducida por la Ley 9.109, fue muy importante, ya que hizo que a través del art. 51 del CPL, se introdujera la Audiencia preliminar en el proceso laboral, en una etapa procesal muy oportuna. Esta modificación fue de mucha importancia al igual que lo fue en el Proceso Civil, ya que dicha audiencia no existía tanto en materia Civil como en el Laboral. A través de la Audiencia inicial, se acortarán los plazos procesales considerablemente, para centrarse en el objeto puntual de la demanda y en base a ello la prueba pertinente y necesaria a tal efecto, desechando toda aquella prueba que no hacía al objeto de la causa, ya sea porque no estaba desconocida, porque no era necesaria o era dilatoria del proceso.
Así un proceso que antes podía llevar 3, 4 años y más, ahora se redujo a un proceso que pueden llevar a un año y medio o 2 como

máximo, solo que producto de la pandemia hizo que los plazos se prorrogaran un poco más, en virtud de que durante dicho flagelo mundial, hizo que hasta que se arbitraran los medios electrónicos necesarios para poder administrar justicia y nos ayornáramos a la nueva ola que se estaba viviendo, muchas audiencias, comenzaron a suspenderse por dichos motivos, dado que las partes, no contaban con los medios necesarios para hacer las audiencias virtuales o muchas veces las mismas partes o los testigos estaban enfermeros por lo que eran ellos los que solicitaba la suspensión de las mismas, de allí que los plazos comenzaron a extenderse y prorrogarse las fechas de las audiencias fijadas. En la actualidad, luego de la pandemia se fueron cambiando los paradigmas de trabajo, tanto respecto a la forma de realización de las audiencias como en cuanto a las nuevas herramientas que se comenzaron a utilizar, tales como el trabajo remoto, las audiencias tanto iniciales como de vista de causa se comenzaron hacer virtuales, ya que se contaban con elementos adecuados para ello, tales como poder contar con la ratificación del trabajador de un convenio a través de llamadas por WhatsApp®, la utilización de nuevas plataformas virtuales, reuniones por Microsoft Teams®, vía Google Meet, vía ZOOM, trabajo remoto, home office, todo realizado con mucho esfuerzo, se trabajó a través de un nuevo programa instalado en las casas de los trabajadores denominado VPN, por medio del cual podían estar conectados desde sus hogares y así seguir prestando servicio de justicia aunque sea en su momento, al comienzo, un mínimo de servicio para los justiciables, para poder seguir adelante con los procesos. En ese momento solo era para poder celebrar convenios, hacer que se pudiera hacer efectivo los convenios que se habían firmado poco tiempo antes de la pandemia, hacer que tanto el trabajador como sus abogados pudieran cobrar tanto capital como los honorarios de los profesionales, que habían celebrado los acuerdos referidos, se arbitraron medios tecnológicos para las solución de emergencias, donde la computadora, internet, fueron elementos de suma importancia para poder seguir adelante con los procesos y dar un servicios de justicia, sin tratar de resentir el mismo. Por todo lo señalado es que quiero llegar a la conclusión que esta modificación, en sede laboral, la cual fue puesta en marcha primero en sede Civil, fue de mucha ayuda al proceso laboral, dando muy buenos resultado, los cuales fueron dando sus frutos a medida

que iba avanzando el proceso y su puesta en práctica, logrando el objeto propuesto, darle una solución más pronta y rápida al justiciable, para la solución de su conflicto. Por lo que puedo concluir diciendo con mucho agrado, que en materia laboral, se ha logrado un gran avance con esta modificación, al haber reducido en gran medida los plazos procesales, tanto en cuanto a la duración como a la tramitación del proceso, dándole una respuesta a las partes del proceso, quienes son los receptores de nuestro servicios de Justicia, quienes por años han reclamado por una pronta respuesta, la cual en gran medida creemos que la estamos dando, al haber acelerado los proceso, al haber reducido los plazos de duración y la haber acercado las fechas de fijación de las audiencias de Vista de Causa, donde el trabajador puede obtener una respuesta a su problema de manera más eficaz.

REFERENCIAS

ACORDADA N° 28.211 [Tercera de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Mendoza]. Acta Complementaria № 1 al Convenio Marco de Colaboración entre el Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación y la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Mendoza. 05 de julio de 2017.

ACORDADA N° 28.608 [Sala Tercera de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Mendoza]. Protocolo de Gestión del Proceso de conocimiento en el nuevo Código Procesal Civil, Comercial y Tributario de Mendoza. 21 de marzo de 2018.

ACORDADA N° 28.690 [Sala Tercera de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Mendoza]. Protocolo de Gestión del Proceso de conocimiento en el nuevo Código Procesal Civil, Comercial y Tributario de Mendoza. 21 de marzo de 2018.

ACORDADA N° 29.196 [Sala Tercera de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Mendoza]. Prorroga la obligatoriedad en el fuero laboral. 26 de abril de 2019.

Ley 8.990 de 2017. Creación de la Oficina de Conciliación Laboral. Julio 26 de 2017. Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza del 28/07/2017.

Ley 9.001 de 2017. Código Procesal Civil, Comercial y Tributario de la Provincia de Mendoza. Agosto 30 de 2017. Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza del 12/09/2017.

Ley 9.109 de 2018. Modifica el Código Procesal Laboral de la Provincia de Mendoza. Octubre 23 de 2018. Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza del 25/10/2018.

Livellara, C. A. (2019). *Código procesal laboral de la provincia de Mendoza - Comentado, Anotado y Concordado* (2da ed., Vol. 1 y 2). Editorial La Ley.

Rauek De Yanzón, I. B. & Canela R., P. B. (Eds.). (2019). *Código Procesal Civil, Comercial y Tributario de la Provincia de Mendoza* (1ra ed.). Editorial ASC.

HACIA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL DERECHO

María Carla Mouline

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza

Resumen: El objeto del presente trabajo es plantear una temática que día a día crece entre los profesionales del derecho y entre la sociedad en general: “la transformación digital del derecho”. Es evidente que en los último 10 años, el mundo ha mutado radicalmente. El impacto en nuestras vidas y sobre nuestros trabajos está a la vista. Décadas atrás no habríamos imaginado un fenómeno digital como el que estamos atravesando, pero hoy en día son parte de nuestra cotidianeidad. Interactuamos con dispositivos digitales como si estuviéramos comunicándonos con personas reales, nos desplazamos en Uber, pedimos turnos a través de plataformas digitales. Y si del mundo jurídico hablamos, realizamos consultas a través de video llamadas, los expedientes digitales están reemplazando a los físicos, podemos encontrar jurisprudencia a través de la Inteligencia artificial y el Big Data. La forma de producir y comercializar servicios legales está atravesando una transformación importante, centrada en el cliente y una visión digital. Es evidente que, en un futuro no muy lejano, ser un buen abogado ya no será sólo conocer la ley, sino también será conocer de tecnologías y procesos y combinar esto para brindar un buen servicio al cliente. En un mundo tecnológico, que nos excede, tendremos que aprender cómo funcionan los nuevos modelos y la tecnología subyacente. Esto no significa convertirnos en programadores, pero sí asumir el compromiso de capacitarnos diariamente en pos de la nueva era digital. Conceptos como blockchain, smart contracts Big Data e inteligencia artificial, chatbot, legaltech, ciberseguridad, serán desarrollados brevemente en este trabajo con la finalidad de incorporar nuevos conceptos que nos permitan comprender la realidad digital. A modo de conclusión, y luego de analizar dichos conceptos, nos dispondremos a preguntamos: ¿estamos preparados para el cambio o existe cierta resistencia en la profesión a incorporar herramientas tecnológicas? Sin dudas hay que asumir la responsabilidad de pensar para qué, por qué y cómo debemos abordar la transformación tecnológica en el mundo digital desde el punto de vista del derecho.

Palabras claves: Derecho. Derecho digital. Transformación digital. Tecnología.

INTRODUCCIÓN. EL DERECHO DIGITAL.

En primer lugar y antes de comenzar a referenciar acerca de los conceptos mencionados, comenzaremos definiendo al derecho digital como "*el conjunto de normas que establecen los requisitos y límites del tratamiento digital de los datos digitales, y regulan las relaciones entabladas entre las personas a través de datos digitalizados transmitidos por medios electrónicos a distancia*" (de la Quadra-Salcedo, 2021). Ahora bien, ¿qué son los datos digitales y a qué nos referimos con medios electrónicos?

El dato digital

Los datos, y en particular los datos representados en formato digital, ocupan un lugar central en la transformación digital puesto que ha sido precisamente el acceso al creciente volumen de datos y la capacidad de utilizarlos lo que ha permitido el desarrollo de las tecnologías que han generado la actual economía digital, desde el big data, a la inteligencia artificial, al desarrollo de las plataformas, entre muchas otras (Valpuesta Gastaminza y Hernández Peña, 2021). "Se entiende por «dato» cualquier representación simbólica, ya sea de forma numérica, alfabética, algorítmica, espacial, en forma de imagen o de otro tipo, de un atributo o variable cuantitativa o cualitativa" (Valpuesta Gastaminza y Hernández Peña, 2021, p. xx).

Los medios electrónicos

"Son los mecanismos, instalaciones, equipos o sistemas que permiten producir, almacenar o transmitir documentos, datos e información**"** (Valpuesta Gastaminza y Hernández Peña, 2021, p. xx). Dentro de las tecnologías disruptivas que han surgido con el tratamiento digital de los datos se destaca la llamada «blockchain» o «cadena de bloques». A continuación, veremos de que se trata.

Blockchain o cadena de bloques

La blockchain es una base de datos compartida en una red de usuarios. En ella se anotan y anudan bloques de datos de forma indeleble, registrándose de forma acumulable e inalterable, lo que es asegurado por el empleo telemático de algoritmos que encriptan los datos. Estos pueden ser intercambiados o circular en bloques para realizar negocios jurídicos, operaciones o relaciones de

negocios entre usuarios. El intercambio de datos se hace sin intermediarios, las transacciones las verifican la propia red de nodos (ordenadores de los usuarios adheridos a la red en todo momento). Cada ordenador guarda siempre copia de todos los datos de bloques que se van engrosando con nuevos eslabones a medida que se va operando en la red y todos comparten los datos de las nuevas operaciones. En conclusión, la Blockchain registra transacciones y sus condiciones, de forma TRANSPARENTE, INMUTABLE, COSTO EFICIENTE. Uno de los mayores avances que ha tenido la tecnología blockchain es la incorporación de los llamados SMART CONTRACTS O CONTRATOS INTELIGENTES.

Smart contracts

Se trata de contratos que tienen la capacidad de cumplirse de forma automática una vez que las partes han acordado los términos. Se llaman así porque se les aplica una lógica de proceso dentro de un programa registrado en una cadena de bloques. Así, los contratos inteligentes son catalizadores de la tecnología Blockchain porque permiten hacer transacciones y procesos comerciales complejos de manera automatizada, segura, transparente e inalterable

Los contratos inteligentes, son programas informáticos que se pueden escribir con un protocolo Blockchain. No están escritos en lenguaje natural, sino en un código virtual. Son un tipo de software que se programa para llevar a cabo una tarea determinada de acuerdo a las instrucciones previamente introducidas. Su cumplimiento, por tanto, no está sujeto a la interpretación de ninguna de las partes: “si el evento A sucede, entonces la consecuencia B se pondrá en marcha en forma automática”.

El funcionamiento de un contrato inteligente se puede resumir diciendo que las partes configuran los términos del contrato; el cual se almacena en una dirección específica de la blockchain, a la espera del evento contemplado en él (una transacción o información recibida) para que la consecuencia establecida se lleva a cabo.

Como quedó claro los contratos inteligentes son acuerdos autosuficientes y descentralizados para la gestión de activos digitales. Se puede considerar que los elementos esenciales de un smart contract son la autosuficiencia, la descentralización y los activos digitales.

1. La *autosuficiencia* significa que hay un conjunto de reglas que rigen una relación entre partes. El código del smart contract establece qué hacer en caso de que las partes cumplan y qué hacer en caso de que las partes no cumplan. Y estas reglas se ejecutan automáticamente
2. La *descentralización* se refiere a que están típicamente asociados a la tecnología de blockchain.
3. Funcionan con *activos digitales*. Estos pueden ser criptomonedas, tokens o incluso criptoactivos que represente bienes del mundo físico. Un smart contract puede disponer de activos digitales de una determinada red

DIFERENCIA CON LOS CONTRATOS TRADICIONALES

Entendemos por contrato "el acto jurídico mediante el cual dos o más partes manifiestan su consentimiento para crear, modificar, transferir o extinguir relaciones jurídicas patrimoniales". La diferencia con un contrato legal radica en la forma de escribirlo y la manera en que se ejecuta. Un contrato inteligente se escribe en código de computadora y se ejecuta automáticamente. Por el contrario, un contrato tradicional se escribe en lenguaje natural y debe ser ejecutado ante un juez.

Ventajas: permiten reducir significativamente los costos y tiempos de ejecución en la administración de justicia. Si ocurre un determinado hecho, el smart contract va a disponer lo que sea que esté previsto en el acuerdo, sin necesidad de acudir a los tribunales. El mismo contrato actúa como juez y ejecutor. La eficacia de un contrato inteligente va a depender de que sea posible programar en código de computadora lo que los abogados programan en lenguaje legal.

Actualmente no hay una interfaz entre smart contracts y el mundo legal tradicional. Si, por alguna razón, quisiéramos ejecutar judicialmente un smart contract, sería preciso probar su contenido a través de los canales tradicionales. En este caso, esto implicaría al menos una pericia informática y alguien que le pueda traducir al juez qué es lo que dicen esas líneas de código y en qué contexto se pactaron. Sin dudas, los Smart contracts no encajan en absoluto en el mundo legal tradicional. Incluso podría decirse que ambos son contradictorios. Precisamente, lo que se busca con un smart contract

es una ejecución automática, sin necesidad de que intervenga un juez. De todas formas, se puede analizar si los smart contracts pueden llegar a tener reconocimiento legal. Eso dependerá de las normas de cada sistema jurídico. En el derecho argentino, el Código Civil y Comercial prevé que pueda haber contratos no formales. En estos casos, la ley no exige una forma determinada para que el contrato tenga validez y rige el principio de libertad de formas. Desde esta perspectiva, podría interpretarse que los smart contracts tienen una forma escrita y sería perfectamente válido entre las partes.

BIG DATA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Está claro que vivimos en un mundo de información y datos. Los datos están por todas partes y crecen exponencialmente. Se estima que la cantidad de datos se duplica cada dos años y las empresas los han convertido en un activo estratégico para su desarrollo. Con su advenimiento, disciplinas como la ciencia de datos, la inteligencia artificial y el big data son a día de hoy reconocidas como esenciales para entender mejor nuestro entorno y poder tomar mejores decisiones. La inteligencia artificial el Big Data son algunas de las tecnologías que más impacto están causando en el sector jurídico.

Big Data

"Conjuntos de datos cuyo tamaño, complejidad y velocidad de crecimiento dificultan su captura, gestión, procesamiento y análisis mediante tecnologías y herramientas convencionales". Su función es dar sentido y accesibilidad a ese universo de datos. Convertirlos en información útil y valiosa para la organización.

Inteligencia Artificial

"Es la rama de la informática, que busca formas de imitar el funcionamiento de las neuronas humanas en las máquinas y la resolución de diversos problemas, basados en el comportamiento humano" ¿Cómo?: mediante mecanismos matemáticos y lógicos. ¿Qué tipo de tareas humanas?: reconocimiento de voz, la comprensión del lenguaje, la solución de problemas y la toma de decisiones.

Primer Sistema de Inteligencia Artificial en Argentina: Prometea

Prometea es una inteligencia artificial creada en Argentina en el ámbito del Ministerio Público Fiscal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en agosto de 2017. El sistema, en un primer momento fue ideado e implementado pensando en la optimización del servicio de justicia, con el fin de agilizar exponencialmente los procesos judiciales en beneficio del ciudadano. Luego, se advirtió que los beneficios que generaba podían ser aprovechados por cualquier organización pública. A partir de diferentes capas de innovación, su desarrollo constituye un avance tecnológico altamente disruptivo, cuya implementación parte de la necesidad de que sea el propio Estado quien brinde medios eficaces e innovadores, que sean idóneos para generar un impacto en la sociedad en su conjunto. Esta innovación ha traído inmensos beneficios en aplicaciones y en el desarrollo de diversas pruebas de concepto en la Justicia y en la Administración Pública, a saber (Legal Tech Basics, 2019):

- Predice la solución a un caso judicial en menos de 20 segundos, con una tasa de acierto del 96%. Permite que en solo 45 días se elaboren 1000 dictámenes jurídicos relacionados a expedientes del derecho a la vivienda; lo cual, del modo tradicional, tardaríamos 174 días.
- En materia contravencional, permite que en 26 días se elaboren 1000 resoluciones de suspensión de juicio a prueba por conducir en estado de ebriedad, lo que manualmente tarda 110 días.
- En la Corte Interamericana de Derechos Humanos, funciona como un asistente virtual para la creación de notificaciones, como una herramienta de búsqueda avanzada y como asistente virtual para la creación de una resolución.
- En el Registro Civil y Capacidad de las Personas de la Ciudad de Buenos Aires, las 6.000 rectificatorias de partidas administrativas que aproximadamente ingresan en un año, se realizan en 2 meses con Prometea, lo que antes demoraba 8 meses.

Chatbots
Es un programa informático que simula y procesa conversaciones humanas (ya sean escritas o habladas), permitiendo a los humanos interactuar con dispositivos digitales como si se estuvieran comunicando con una persona real (Digital Assistant, 2023). En conclusión, la inteligencia artificial, el big data, la tecnología blockchain, los Chatbots son algunas de las tecnologías que más impacto están causando en el sector jurídico. El auge de las nuevas tecnologías ha impactado en todo el sector jurídico. La irrupción digital en el ámbito legal, conocido popularmente como legaltech, es una de las tendencias con mayor crecimiento y evolución en los últimos años

LEGALTECH O TECNOLOGÍA LEGAL
Es la primera forma para hablar de tecnología legal. Se refiere al uso de tecnología para proporcionar servicios legales. Es la utilización de métodos de gestión y tecnologías provenientes de la ingeniería y de la administración para innovar en el ejercicio de la profesión legal.

Aplicaciones de LEGALTECH
Entre las diversas aplicaciones que podemos encontrar están las siguientes: bases de datos de legislación y jurisprudencia, que pueden buscar información jurídica con base en conceptos, en leyes, etc.; revisión de documentos jurídicos, normalmente documentos largos que pueden contener cláusulas comprometidas o contradictorias; automatización de elaboración de documentos jurídicos; Análisis predictivo de casos: herramientas complejas que combinan el análisis tanto de los datos del supuesto de hecho del litigio y de los argumentos jurídicos de las partes (análisis legislativo y jurisprudencial), como de los sujetos que van a intervenir en el caso (decisiones previas del tribunal, juez o árbitro; actuaciones previas de los abogados concretos; etc.).

IMPLICANCIAS JURÍDICAS
Como se aprecia, cada «caso de uso» de los expuestos anteriormente tiene sus propias características y será el contrato existente entre las partes el que delimitará el objeto de la prestación,

las obligaciones asumidas por cada contratante, etc. Hay negocios que constituyen prestaciones de servicios, otros suponen licencias de uso de aplicaciones informáticas y/o derechos de propiedad intelectual, otros son pura intermediación. Aparte de la problemática específica de cada tipo negocial, existen dos grupos de problemas comunes a la mayoría de los supuestos, que por otra parte se repiten en otras figuras. En primer lugar, el tratamiento de los datos personales de los clientes, contrapartes, y sujetos implicados. Toda la operativa digital, además, supone el deber de adoptar medidas de ciberseguridad (concepto que será tratado a la brevedad), para impedir el acceso a tales datos, y que todas las herramientas que se usen estén diseñadas para lograr esa protección. En segundo lugar, el que ha diseñado el servicio o aplicación responde, lógicamente, de la adecuación del mismo (Valpuesta Gastaminza y Hernández Peña, 2021).

CIBERSEGURIDAD

En la actualidad, «ciberseguridad» es un término ampliamente utilizado. Hace referencia a la «Protección de activos de información, a través del tratamiento de amenazas que ponen en riesgo la información que es procesada, almacenada y transportada por los sistemas de información que se encuentran interconectados». Existen diferentes definiciones del término «seguridad de la información». Consiste en la implantación de un conjunto de medidas técnicas destinadas a preservar la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de la información, pudiendo, además, abarcar otras propiedades, como la autenticidad, la responsabilidad, la fiabilidad y el no repudio». Por lo tanto, proteger un sistema de información significa evitar que una entidad no autorizada acceda, altere o haga que los datos informáticos que el término seguridad de la información es más amplio ya que engloba otros aspectos relacionados con la seguridad más allá de los puramente tecnológicos (Valpuesta Gastaminza y Hernández Peña, 2021).

CONCLUSIONES

Luego de abordar los conceptos claves de la nueva era digital y conocer más en profundidad sus implicancias, podemos concluir que, sin dudas, existe cierta polarización ante la implementación de

herramientas digitales en el ejercicio del derecho. Las razones seguro sean diversas: resistencia al cambio, seguridad con lo conocido, cuestiones generacionales, lo cierto es que el cambio llegó para quedarse y la profesión en su manera más tradicional está mutando radicalmente. El ejercicio del derecho en el siglo XXI requiere, además de una sólida formación ética y académica, también de un conocimiento de las nuevas tendencias y herramientas digitales. Dicha combinación puede favorecer una comunicación integral con el cliente y los servicios jurídicos que se brinden, obteniendo de esta manera un trabajo rápido, de calidad y al más bajo costo posible. Lo cierto es que requeriremos de un cambio de mentalidad profundo y de una visión amplia del mundo actual. Debemos tomar conciencia de que somos participes de un cambio de paradigma entre generaciones que en el futuro traerá enormes beneficios si se logra su correcta implementación. Conjugar la permanente capacitación, la apertura a lo nuevo y de evaluar los resultados que este nuevo paradigma nos propone.

REFERENCIAS

de la Quadra-Salcedo, T. (Ed.). (2021). *Carta Derechos Digitales*. Gobierno de España. https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/140721-Carta_Derechos_Digitales_RedEs.pdf

Digital Assistant (2023, n.d.). ¿Qué es un chatbot? *Oracle Argentina*. https://www.oracle.com/ar/chatbots/what-is-a-chatbot/

Legal Tech Basics (2019, junio 20). Entrevista a Juan Gustavo Corvalán: "Prometea es el primer sistema de inteligencia artificial diseñado y desarrollado por el Ministerio Público Fiscal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires". *The Technolawgist*. https://www.thetechnolawgist.com/2019/06/20/entrevista-juan-gustavo-corvalan-buenos-aires-prometea-inteligencia-artificial/

Valpuesta Gastaminza, E. y Hernández Peña, J. C. (Eds.). (2021). Tratado de Derecho Digital (1ra ed.). La Ley -Wolters Kluwer. https://elibro.net/es/ereader/aden/212592?page=223.)

* * *

NOTAS DE CAMPO